MAN

LE

MANUEL FORMULAIRE PRATIQUE.

LE MANUEL FORMULAIRE PRATIQUE

AIDE-MÉMOIRE

A L'USAGE DES

INGÉNIEURS, MÉCANICIENS, ÉLECTRICIENS,
INDUSTRIELS, Etc.

PAR

A. BONNIN

Ingénieur Mécanicien

Diplômé de l'École Centrale des Arts et Manufactures de Paris ; Professeur des Cours de Machines à Vapeur et de Machines Hydrauliques à l'École Polytechnique de Montréal; ancien Professeur du Cours de Mécanique appliquée au Conservatoire (Monument National), etc., etc.
Examinateur des Inspecteurs de chaudières à vapeur.

Officier d'Académie (France).

MONTRÉAL

C. O. BEAUCHEMIN & FILS, Libraires-Imprimeurs

256 et 258, rue Saint-Paul.

1898

PRÉFACE

Le but que nous nous proposons en présentant cet ouvrage au public, est de mettre entre les mains des intéressés un recueil de renseignements pratiques, à un prix assez bas pour être à la portée de tous, tout en étant assez complet pour répondre aux besoins journaliers.

Notre formulaire s'adresse tout particulièrement aux personnes s'occupant des machines : Inspecteurs des chaudières, Ingénieurs, Mécaniciens, Chauffeurs, Electriciens, etc., etc. Mais il trouvera aussi sa place, croyons-nous, dans la bibliothèque des industriels, et pourra même rendre quelques services au public en général.

En effet, le nombre de ceux que, actuellement, les machines n'intéressent pas est de plus en plus restreint. La mécanique moderne joue un rôle considérable et prépondérant dans notre civilisation, et nul ne saurait aujourd'hui rester étranger aux progrès de cette science.

Nous avons divisé notre ouvrage en huit chapitres :

Le chapitre I se compose de renseignements et données pratiques, recettes diverses, tables numériques, et tableaux appelés à faciliter les calculs.

Le chapitre II renferme, résumés aussi succinctement que possible, les principes, définitions et lois d'un usage courant : mécanique, résistance des matériaux, etc.

Le chapitre III renferme ce qui est relatif aux organes de machines, arbres de transmission, roues dentées, etc.

Le chapitre IV traite de l'hydraulique.

Le chapitre V est consacré à l'étude des machines à vapeur. Il comprend, outre le calcul des différents éléments, foyers, chaudières, machines proprement dites, une revue des principaux types employés, avec un diagramme de leur fonctionnement.

Nous avons cru devoir ajouter, de plus, un grand nombre de conseils et renseignements pratiques sur la conduite du feu, les incrustations, les précautions à prendre, etc. ; et ces renseignements, nous l'espérons, pourront rendre quelques services aux jeunes mécaniciens.

Le chapitre VI est consacré aux applications de l'électricité. Nous avons donné à cette partie un développement aussi grand qu'il nous a été possible. Il comprend : 1° sous forme d'introduction, une courte étude des phénomènes généraux, ainsi que les définitions et les lois relatives à ces phénomènes ; 2° une étude des différents appareils de production et d'utilisation des courants électriques ; un ensemble de renseignements et de données pratiques sur l'installation, la conduite des dynamos, l'éclairage électrique, etc.

Le chapitre VII traite des différents modes de chauffage et de ventilation, avec données numériques correspondant aux exigences du climat.

L'étude des machines-outils fait l'objet du chapitre VIII.

L'ouvrage contient de plus un questionnaire à l'usage des mécaniciens et un supplément renfermant quelques indica-

tions sur les premiers soins à donner en cas d'accidents et un vocabulaire anglais-français des termes techniques employés.

Les principaux ouvrages consultés par l'auteur pour la rédaction de ce Manuel, sont :

Mechanical World Pocket Diary,
Formulaire de l'Ingénieur Mécanicien.
L'Ouvrier Mécanicien par Ortoland.
Carnegie Hand Book.

Nous ne prétendons pas être arrivés à la perfection dès le début ; cependant, nous avons le ferme espoir que, tel qu'il est, notre formulaire comblera une lacune.

Nous serons reconnaissants aux lecteurs qui voudront bien nous signaler les erreurs qui auraient pu se glisser dans cette première édition, et nous recevrons également avec plaisir toutes suggestions tendant à améliorer notre livre. Ainsi aidés, nous ferons mieux.

LES EDITEURS.

ERRATA

Page 2, ligne 11 *au lieu de* 543 réciproque *lire* 543 × réciproque.

" 23, col. 5 et 6 *annuler de :* g, 9.81 *jusqu'au bas.*

" 31 " 2 *au lieu de* 5.1058 *lire* 5.1050.

" " " " " 5.4971 " 5.4978.

" " " " " 6.6754 " 6.6759.

" " " 6 " 35.857 " 35.785.

" 32 " 5 " 43.1960 " 43.1969.

" 39 " 6 " 1.97506 " 1.87506.

" 52 " 2 et 4 " grains " grammes.

" 54 ligne 2 " mètres carrés en pds carrés *lire* pds carrés en mètres carrés.

" 80 ligne 13 *au lieu de* $\frac{1}{2}\frac{P}{9}v^2$ *lire* $\frac{1}{2}\frac{P}{g}v^2$.

" 113 " 22 *lire* coefficient de sécurité 8.

" 120 dans les formules *au lieu de* l *lire* b.

" 135 " $\frac{2 \times \pi \times D \times N}{12}$ " $\frac{\pi \times D \times N}{12}$

" 145 ligne 6 *au lieu de* $Q = 7\sqrt{H}$ et $Q = 8\sqrt{H}$ " $Q = 7\,S\sqrt{H}$ et $Q = 8\,S\sqrt{H}$.

" 146 " 1 *au lieu de* pouce cube *lire* pied cube.

" 148 " dernière " $Q = 0.7854\frac{D^2}{144} = 2\frac{c}{12}$ etc, *lire* $Q = 0.7854\frac{D^2}{144} \times \frac{c}{12}$ etc.

" 149 2° formule *au lieu de* $D = \sqrt{\frac{144\ Q}{0.7854 \times 2 \times c \times n \times K}}$

lire $D = \sqrt{\frac{144\ Q \times 12}{0.7854 \times 2 \times c \times n \times K}}$.

" 156 ligne 13, *au lieu de* $m = 0.07$ *lire* $m = 0.27$.

" 189 " 18 " HV " HW

" 203 " $100 \times \left(\frac{T - t}{H - l}\right)$ " $100 \times \left(\frac{T - t}{H - t}\right)$

" 308 " $\frac{150 \times 40}{5 \times 20} = \frac{P}{p}$ " $\frac{150 \times 40}{50 \times 20} = \frac{P}{p}$

CHAPITRE I.

SIGNES ALGÉBRIQUES.

$=$	égal		
$+$	addition (plus)	exemple	$5 + 3 = 8$
$-$	soustraction (moins)	"	$10 - 2 = 8$
$\times$	multiplier par	"	$5 \times 3 = 15$
$\div$	diviser par	"	$10 \div 2 = 5$

Une quantité placée sur une autre indique également que la quantité placée au-dessus doit être divisée par celle placée au-dessous.

exemple. $\frac{10}{5} = 2$

$\sqrt{}$	racine carrée	"	$\sqrt{16} = 4$
a^2	carré	"	$8^2 = 8 \times 8 = 64$
$\sqrt[3]{}$	racine cubique	"	$\sqrt[3]{8} = 2$
a^3	cube	"	$2^3 = 8$

( ) parenthèse—indique que l'opération dont le signe précède doit être effectuée sur l'ensemble des quantités contenues dans la parenthèse.

ex. $5 \times (3 + 10 - 2) = 5 \times 11 = 55$

ex. $20 \div (10 + 2 - 7) = 20 \div 5 = 4$

Il faut toujours avant d'effectuer l'opération indiquée devant la parenthèse, effectuer les opérations indiquées dans la parenthèse.

USAGE DES TABLES.

RÉCIPROQUES, CARRÉS, ETC.

Ces tables donnent le nombre réciproque $\frac{1}{n}$, le carré n^2, la racine carrée $\sqrt{n}$, le cube n^3 et la racine cubique $\sqrt[3]{n}$ des nombres placés dans la première colonne ; elle donnent de plus, colonne 7 la circonférence πn et, colonne 8, la surface $\frac{\pi n^2}{4}$ des cercles ayant les nombres de la colonne 1 (n) comme diamètre.

Le nombre réciproque d'un nombre est le quotient obtenu en divisant l'unité par ce nombre, il permet de remplacer une division par une multiplication.

Soit en effet à diviser 543 par 237

on a $\frac{543}{237} = 543 \times \frac{1}{237} = 543$ réciproque de 237

cherchant 237 dans la première colonne (page 8) on trouve pour réciproque $(\frac{1}{n})$ dans la 2me colonne 0,00422 multipliant 543 par 0,00422 on trouve 2.29146.

L'emploi des tables dans les autres cas ne présente rien de particulier

Ex. Quelle est la longueur de la circonférence et la surface d'un cercle ayant 42″ de diamètre.

On cherche dans la première colonne le nombre 42 (page 4) on trouve dans la septième colonne 131.95 comme valeur de la circonférence et dans la huitième 1385,44 comme surface du cercle.

TABLE

DES NOMBRES (n); DE LEURS RÉCIPROQUES $\left(\frac{1}{n}\right)$; CARRÉS (n^2); RACINES CARRÉES $(\sqrt{n})$;

CUBES (n^3); RACINES CUBIQUES $\left(\sqrt[3]{n}\right)$;

CIRCONFÉRENCES (πn); ET SURFACES DE CERCLE $\left(\frac{\pi n^2}{4}\right)$

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
1	1,0000	1	1,000	1	1,000	3,14	0,79
2	0,5000	4	1,414	8	1,259	6,28	3,14
3	0,3333	9	1,732	27	1,442	9,42	7,07
4	0,2500	16	2,000	64	1,587	12,57	12,57
5	0,2000	25	2,236	125	1,709	15,71	19,63
6	0,1667	36	2,449	216	1,817	18,85	28,27
7	0,1429	49	2,645	343	1,912	21,99	38,48
8	0,1250	64	2,828	512	2,000	25,13	50,27
9	0,1111	81	3,000	729	2,080	28,27	63,62
10	0,1000	100	3,162	1 000	2,154	31,42	78,54
11	0,0909	121	3,316	1 331	2,223	34,56	95,03
12	0,0833	144	3,464	1 728	2,289	37,70	113,10
13	0,0769	169	3,605	2 179	2,351	40,84	132,73
14	0,0714	196	3,741	2 744	2,410	43,98	153,94
15	0,0667	225	3,872	3 375	2,466	47,12	176,71
16	0,0625	256	4,000	4 096	2,519	50,27	201,06
17	0,0588	289	4,123	4 913	2,571	53,41	226,98
18	0,0556	324	4,242	5 832	2,620	56,55	254,47
19	0,0526	361	4,358	6 859	2,668	59,69	283,53
20	0,0500	400	4,472	8 000	2,714	62,83	314,16
21	0,0476	441	4,582	9 261	2,758	65,97	346,36
22	0,0455	484	4,690	10 648	2,802	69,11	380,13
23	0,0435	529	4,795	12 167	2,843	72,26	415,48
24	0,0417	576	4,898	13 824	2,884	75,40	452,39
25	0,0400	625	5,000	15 625	2,924	78,54	490,87
26	0,0385	676	5,099	17 576	2,962	81,68	530,93
27	0,0370	729	5,196	19 683	3,000	84,82	572,56
28	0,0357	784	5,291	21 952	3,036	87,96	615,75
29	0,0345	841	5,385	24 389	3,072	91,11	660,52
30	0,0333	900	5,477	27 000	3,107	94,25	706,86
31	0,0323	961	5,567	29 791	3,141	97,39	754,77
32	0,0313	1 024	5,656	32 768	3,174	100,53	804,25
33	0,0303	1 089	5,744	35 937	3,207	103,67	855,30
34	0,0294	1 156	5,830	39 304	3,239	106,81	907,92
35	0,0286	1 225	5,916	42 875	3,271	109,96	962,11

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
36	0,0278	1 296	6,000	46 656	3,302	113,10	1 017,88
37	0,0270	1 369	6,082	50 653	3,332	116,24	1 075,21
38	0,0263	1 444	6,164	54 872	3,362	119,38	1 134,11
39	0,0256	1 521	6,244	59 319	3,391	122,52	1 194,59
40	0,0250	1 600	6,324	64 000	3,419	125,66	1 256,64
41	0,0244	1 681	6,403	68 921	3,448	[illegible],80	1 320,25
42	0,0238	1 764	6,480	74 088	3,476	131,95	1 385,44
43	0,0233	1 849	6,557	79 507	3,503	135,09	1 452,20
44	0,0227	1 936	6,633	85 184	3,530	138,23	1 520,53
45	0,0222	2 025	6,708	91 125	3,556	141,37	1 590,43
46	0,0217	2 116	6,782	97 336	3,583	144,51	1 661,90
47	0,0213	2 209	6,855	103 823	3,608	147,65	1 734,94
48	0,0208	2 304	6,928	110 592	3,634	150,80	1 809,56
49	0,0204	2 401	7,000	117 649	3,659	153,94	1 885,74
50	0,0200	2 500	7,071	125 000	3,684	157,08	1 963,49
51	0,0196	2 601	7,141	132 651	3,708	160,22	2 042,82
52	0,0192	2 704	7,211	140 608	3,732	163,36	2 123,72
53	0,0189	2 809	7,280	148 877	3,756	166,50	2 206,18
54	0,0185	2 916	7,348	157 464	3,779	169,65	2 290,21
55	0,0182	3 025	7,416	166 375	3,802	172,79	2 375,83
56	0,0179	3 136	7,483	175 616	3,825	175,93	2 463,01
57	0,0175	3 249	7,549	185 193	3,848	179,07	2 551,76
58	0,0172	3 364	7,615	195 112	3,870	182,21	2 642,08
59	0,0169	3 481	7,681	205 379	3,892	185,35	2 733,97
60	0,0167	3 600	7,745	216 000	3,914	188,50	2 827,43
61	0,0164	3 721	7,810	226 981	3,936	191,64	2 922,47
62	0,0161	3 844	7,874	238 328	3,957	194,78	3 019,07
63	0,0159	3 969	7,937	250 047	3,979	197,92	3 117,24
64	0,0156	4 096	8,000	262 144	4,000	201,06	3 216,99
65	0,0154	4 225	8,062	274 625	4,020	204,20	3 318,31
66	0,0152	4 356	8,124	287 496	4,041	207,34	3 421,19
67	0,0149	4 489	8,185	300 763	4,061	210,49	3 525,65
68	0,0147	4 624	8,246	314 432	4,081	213,63	3 631,68
69	0,0145	4 761	8,306	328 509	4,101	216,77	3 739,28
70	0,0143	4 900	8,366	343 000	4,121	219,91	3 848,45
71	0,0141	5 041	8,426	357 911	4,140	223,05	3 959,19
72	0,0139	5 184	8,485	373 248	4,160	226,19	4 071,50
73	0,0137	5 329	8,544	389 017	4,179	229,34	4 185,39
74	0,0135	5 476	8,602	405 224	4,198	232,48	4 300,84
75	0,0133	5 625	8,660	421 875	4,217	235,62	4 417,86
76	0,0132	5 776	8,717	438 976	4,235	238,76	4 536,46
77	0,0130	5 929	8,774	456 533	4,254	241,90	4 656,62
78	0,0128	6 084	8,831	474 552	4,272	245,04	4 778,36
79	0,0127	6 241	8,888	493 039	4,290	248,19	4 901,67
80	0,0125	6 400	8,944	512 000	4,308	251,33	5 026,55

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
81	0,0123	6 561	9,000	531 441	4,326	254,47	5 153,00
82	0,0122	6 724	9,055	551 368	4,344	257,61	5 281,02
83	0,0120	6 889	9,110	571 787	4,362	260,75	5 410,56
84	0,0119	7 056	9,165	592 704	4,379	263,89	5 541,77
85	0,0118	7 225	9,219	614 125	4,396	267,03	5 674,50
86	0,0116	7 396	9,273	636 056	4,414	270,18	5 808,80
87	0,0115	7 569	9,327	658 503	4,431	273,32	5 944,68
88	0,0114	7 744	9,380	681 472	4,447	276,46	6 082,12
89	0,0112	7 921	9,433	704 969	4,464	279,60	6 221,14
90	0,0111	8 100	9,486	729 000	4,481	282,74	6 361,72
91	0,0110	8 281	9,539	753 571	4,497	285,88	6 503,88
92	0,0109	8 464	9,591	778 688	4,514	289,03	6 647,61
93	0,0108	8 649	9,643	804 357	4,530	292,17	6 792,91
94	0,0106	8 836	9,695	830 584	4,546	295,31	6 939,78
95	0,0105	9 025	9,746	857 375	4,562	298,45	7 088,22
96	0,0104	9 216	9,797	884 736	4,578	301,59	7 238,23
97	0,0103	9 409	9,848	912 673	4,594	304,73	7 389,81
98	0,0102	9 604	9,899	941 192	4,610	307,88	7 542,96
99	0,0101	9 801	9,949	970 299	4,626	311,02	7 697,69
100	0,0100	10 000	10,000	1 000 000	4,642	314,16	7 853,98
101	0,0099	10 201	10,049	1 030 301	4,657	317,30	8 011,82
102	0,0098	10 404	10,099	1 061 208	4,672	320,40	8 171,30
103	0,0097	10 609	10,148	1 092 727	4,687	323,60	8 332,30
104	0,0096	10 816	10,198	1 124 864	4,702	326,70	8 494,90
105	0,0095	11 025	10,247	1 157 625	4,717	329,90	8 659,01
106	0,0094	11 236	10,295	1 191 016	4,732	333,00	8 824,75
107	0,0093	11 449	10,344	1 225 043	4,747	336,20	8 992,00
108	0,0092	11 664	10,392	1 259 712	4,762	339,30	9 160,90
109	0,0091	11 881	10,440	1 295 029	4,776	342,40	9 331,30
110	0,0090	12 100	10,488	1 331 000	4,791	345,60	9 503,30
111	0,0090	12 321	10,535	1 367 631	4,805	348,70	9 676,90
112	0,0089	12 544	10,583	1 404 928	4,820	351,90	9 852,00
113	0,0088	12 769	10,630	1 442 897	4,834	355,00	10 028,70
114	0,0087	12 996	10,677	1 481 544	4,848	358,10	10 207,00
115	0,0087	13 225	10,723	1 520 875	4,862	361,30	10 386,90
116	0,0086	13 456	10,770	1 560 896	4,877	364,40	10 568,30
117	0,0085	13 689	10,816	1 601 613	4,891	367,60	10 751,30
118	0,0084	13 924	10,862	1 643 032	4,904	370,70	10 935,90
119	0,0084	14 161	10,908	1 685 159	4,918	373,80	11 122,00
120	0,0083	14 400	10,954	1 728 000	4,932	377,00	11 309,70
121	0,0082	14 641	11,000	1 771 561	4,946	380,10	11 499,00
122	0,0082	14 884	11,045	1 815 848	4,959	383,30	11 689,90
123	0,0081	15 129	11,090	1 860 867	4,973	386,40	11 882,30
124	0,0080	15 376	11,135	1 906 624	4,986	389,60	12 076,30
125	0,0080	15 625	11,180	1 953 125	5,000	392,70	12 272,00

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
126	0,00794	15 876	11,2250	2 000 376	5,0133	395,8	12 469
127	0,00787	16 129	11,2694	2 048 383	5,0265	399,0	12 668
128	0,00781	16 384	11,3137	2 097 152	5,0397	402,1	12 868
129	0,00775	16 641	11,3578	2 146 689	5,0528	405,3	13 070
130	0,00769	16 900	11,4018	2 197 000	5,0658	408,4	13 273
131	0,00763	17 161	11,4455	2 248 091	5,0788	411,5	13 478
132	0,00758	17 424	11,4891	2 299 968	5,0916	414,7	13 685
133	0,00752	17 689	11,5326	2 352 637	5,1045	417,8	13 893
134	0,00746	17 956	11,5758	2 406 104	5,1172	421,0	14 103
135	0,00741	18 225	11,6190	2 460 375	5,1299	424,1	14 314
136	0,00735	18 496	11,6619	2 515 456	5,1426	427,3	14 527
137	0,00730	18 769	11,7047	2 571 353	5,1551	430,4	14 741
138	0,00725	19 044	11,7473	2 628 072	5,1678	433,5	14 957
139	0,00719	19 321	11,7898	2 685 619	5,1801	436,7	15 175
140	0,00714	19 600	11,8322	2 744 000	5,1925	439,8	15 394
141	0,00709	19 881	11,8743	2 803 221	5,2048	443,0	15 615
142	0,00704	20 164	11,9164	2 863 288	5,2171	446,1	15 837
143	0,00699	20 449	11,9583	2 924 207	5,2293	449,2	16 060
144	0,00694	20 736	12,0000	2 985 984	5,2415	452,4	16 286
145	0,00690	21 025	12,0416	3 048 625	5,2536	455,5	16 513
146	0,00685	21 316	12,0830	3 112 136	5,2656	458,7	16 742
147	0,00680	21 609	12,1244	3 176 523	5,2776	461,8	16 972
148	0,00676	21 904	12,1655	3 241 792	5,2896	465,0	17 203
149	0,00671	22 201	12,2066	3 307 949	5,3015	468,1	17 437
150	0,00667	22 500	12,2474	3 375 000	5,3133	471,2	17 671
151	0,00662	22 801	12,2882	3 442 951	5,3251	474,4	17 908
152	0,00658	23 104	12,3288	3 511 808	5,3368	477,5	18 146
153	0,00654	23 409	12,3693	3 581 577	5,3485	480,7	18 385
154	0,00649	23 716	12,4097	3 652 264	5,3601	483,8	18 627
155	0,00645	24 025	12,4499	3 723 875	5,3717	486,9	18 869
156	0,00641	24 336	12,4900	3 796 416	5,3832	490,1	19 113
157	0,00637	24 649	12,5300	3 869 893	5,3947	493,2	19 359
158	0,00633	24 964	12,5698	3 944 312	5,4061	496,4	19 607
159	0,00629	25 281	12,6095	4 019 679	5,4175	499,5	19 856
160	0,00625	25 600	12,6491	4 096 000	5,4288	502,7	20 106
161	0,00621	25 921	12,6886	4 173 281	5,4401	505,8	20 358
162	0,00617	26 244	12,7279	4 251 528	5,4514	508,9	20 612
163	0,00613	26 569	12,7671	4 330 747	5,4626	512,1	20 867
164	0,00610	26 896	12,8062	4 410 944	5,4737	515,2	21 124
165	0,00606	27 225	12,8452	4 492 125	5,4848	518,4	21 382
166	0,00602	27 556	12,8841	4 574 296	5,4959	521,5	21 642
167	0,00599	27 889	12,9228	4 657 463	5,5069	524,6	21 904
168	0,00595	28 224	12,9615	4 741 632	5,5178	527,8	22 167
169	0,00592	28 561	13,0000	4 826 809	5,5288	530,9	22 432
170	0,00588	28 900	13,0384	4 913 000	5,5397	534,1	22 698

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
171	0,00585	29 241	13, 767	5 000 211	5,5505	537,2	22 966
172	0,00581	29 584	13,1149	5 088 448	5,5613	540,4	23 235
173	0,00578	29 929	13,1529	5 177 717	5,5721	543,5	23 506
174	0,00575	30 276	13,1909	5 268 024	5,5828	546,6	23 779
175	0,00571	30 625	13,2288	5 359 375	5,5934	549,8	24 053
176	0,00568	30 976	13,2665	5 451 776	5,6041	552,9	24 328
177	0,00565	31 329	13,3041	5 545 233	5,6147	556,1	24 606
178	0,00562	31 684	13,3417	5 639 752	5,6252	559,2	24 885
179	0,00559	32 041	13,3791	5 735 339	5,6357	562,3	25 165
180	0,00556	32 400	13,4164	5 832 000	5,6462	565,5	25 447
181	0,00552	32 761	13,4536	5 929 741	5,6567	568,6	25 730
182	0,00549	33 124	13,4907	6 028 568	5,6671	571,8	26 016
183	0,00546	33 489	13,5277	6 128 487	5,6774	574,9	26 302
184	0,00543	33 856	13,5647	6 229 504	5,6877	578,1	26 590
185	0,00541	34 225	13,6015	6 331 625	5,6980	581,2	26 880
186	0,00538	34 596	13,6382	6 434 856	5,7083	584,3	27 172
187	0,00535	34 969	13,6748	6 539 203	5,7185	587,5	27 465
188	0,00532	35 344	13,7113	6 644 672	5,7287	590,6	27 759
189	0,00529	35 721	13,7477	6 751 269	5,7388	593,8	28 055
190	0,00526	36 100	13,7840	6 859 000	5,7489	596,9	28 353
191	0,00524	36 481	13,8203	6 967 871	5,7590	600,0	28 652
192	0,00521	36 864	13,8564	7 077 888	5,7690	603,2	28 953
193	0,00518	37 249	13,8924	7 189 057	5,7790	606,3	29 255
194	0,00515	37 636	13,9284	7 301 384	5,7890	609,5	29 559
195	0,00513	38 025	13,9642	7 414 875	5,7989	612,6	29 865
196	0,00510	38 416	14,0000	7 529 536	5,8088	615,8	30 172
197	0,00508	38 809	14,0357	7 645 373	5,8186	618,9	30 481
198	0,00505	39 204	14,0712	7 762 392	5,8285	622,0	30 791
199	0,00503	39 601	14,1067	7 880 599	5,8383	625,2	31 103
200	0,00500	40 000	14,1421	8 000 000	5,8480	628 3	31 416
201	0,00498	40 401	14,1774	8 120 601	5,8578	631,5	31 731
202	0,00495	40 804	14,2127	8 242 408	5,8675	634,6	32 047
203	0,00493	41 209	14,2478	8 365 427	5,8771	637,7	32 365
204	0,00490	41 616	14,2829	8 489 664	5,8868	640,9	32 685
205	0,00488	42 025	14,3178	8 615 125	5,8964	644,0	33 006
206	0,00485	42 436	14,3527	8 741 816	5,9059	647,2	33 329
207	0,00483	42 849	14,3875	8 869 743	5,9155	650,3	33 654
208	0,00481	43 264	14,4223	8 998 912	5,9250	653,5	33 979
209	0,00478	43 681	14,4568	9 129 329	5,9345	666,6	34 307
210	0,00476	44 100	14,4914	9 261 000	5,9439	659,7	34 636
211	0,00474	44 521	14,5258	9 393 931	5,9533	662,9	34 967
212	0,00472	44 944	14,5602	9 528 128	5,9627	666,0	35 299
213	0,00469	45 369	14,5945	9 663 597	5,9721	669,2	35 633
214	0,00467	45 796	14,6287	9 800 344	5,9814	672,3	35 968
215	0,00465	46 225	14,6629	9 938 375	5,9907	675,4	36 305

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
216	0,00463	46 656	14,6969	10 077 696	6,0000	678,6	36 644
217	0,00461	47 089	14,7309	10 218 313	6,0092	681,7	36 984
218	0,00459	47 524	14,7648	10 360 232	6,0185	684,9	37 325
219	0,00457	47 961	14,7986	10 503 459	6,0277	688,0	37 668
220	0,00455	48 400	14,8324	10 648 000	6,0368	691,2	38 013
221	0,00452	48 841	14,8661	10 793 861	6,0459	694,3	38 360
222	0,00450	49 284	14,8997	10 941 048	6,0550	697,4	38 708
223	0,00448	49 729	14,9332	11 089 567	6,0641	700,6	39 057
224	0,00446	50 176	14,9666	11 239 424	6,0732	703,7	39 408
225	0,00444	50 625	15,0000	11 390 625	6,0822	706,9	39 761
226	0,00442	51 076	15,0333	11 543 176	6,0912	710,0	40 115
227	0,00441	51 529	15,0665	11 697 083	6,1002	713,1	40 471
228	0,00439	51 984	15,0997	11 852 352	6,1091	716,3	40 828
229	0,00437	52 441	15,1327	12 008 989	6,1180	719,4	41 187
230	0,00435	52 900	15,1658	12 167 000	6,1269	722,6	41 548
231	0,0 433	53 361	15,1987	12 326 391	6,1358	725,7	41 910
232	0,00431	53 824	15,2315	12 487 168	6,1446	728,8	42 273
233	0,00429	54 289	15,2643	12 649 337	6,1534	732,0	42 638
234	0,00427	54 756	15,2971	12 812 904	6,1622	735,1	43 005
235	0,00426	55 225	15,3297	12 977 875	6,1710	738,3	43 374
236	0,00424	55 696	15,3623	13 144 256	6,1797	741,4	43 744
237	0,00422	56 169	15,3948	13 312 053	6,1885	744,6	44 115
238	0,00420	56 644	15,4272	13 481 272	6,1972	747,7	44 488
239	0,00418	57 121	15,4596	13 651 919	6,2058	750,8	44 863
240	0,00417	57 600	15,4919	13 824 000	6,2145	754,0	45 239
241	0,00415	58 081	15,5242	13 997 521	6,2231	757,1	45 617
242	0,00413	58 564	15,5563	14 172 488	6,2317	760,3	45 996
243	0,00412	59 049	15,5885	14 348 907	6,2403	763,4	46 377
244	0,00410	59 536	15,6205	14 526 784	6,2488	766,5	46 759
245	0,00408	60 025	15,6525	14 706 125	6,2573	769,7	47 144
246	0,00407	60 516	15,6844	14 886 936	6,2658	772,8	47 529
247	0,00405	61 009	15,7162	15 069 223	6,2743	776,0	47 916
248	0,00403	61 504	15,7480	15 252 992	6,2828	779,1	48 305
249	0,00402	62 001	15,7797	15 438 249	6,2912	782,3	48 695
250	0,00400	62 500	15,8114	15 625 000	6,2996	785,4	49 087
251	0,00398	63 001	15,8430	15 813 251	6,3080	788,5	49 481
252	0,00397	63 504	15,8745	16 003 008	6,3164	791,7	49 876
253	0,00395	64 009	15,9060	16 194 277	6,3247	794,8	50 273
254	0,00394	64 516	15,9374	16 387 064	6,3330	798,0	50 671
255	0,00392	65 025	15,9687	16 581 375	6,3413	801,1	51 071
256	0,00391	65 536	16,0000	16 777 216	6,3496	804,2	51 472
257	0,00389	66 049	16,0312	16 974 593	6,3579	807,4	51 875
258	0,00388	66 564	16,0624	17 173 512	6,3661	810,5	52 279
259	0,00386	67 081	16,0935	17 373 979	6,3743	813,7	52 685
260	0,00385	67 600	16,1245	17 576 000	6,3825	816,8	53 093

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
261	0,00383	68 121	16,1555	17 779 581	6,3907	820,0	53 502
262	0,00382	68 644	16,1864	17 984 728	6,3988	823,1	53 913
263	0,00380	69 169	16,2173	18 191 447	6,4070	826,2	54 325
264	0,00379	69 696	16,2481	18 399 744	6,4151	829,4	54 739
265	0,00377	70 225	16,2788	18 609 625	6,4233	832,5	55 155
266	0,00376	70 756	16,3095	18 821 096	6,4312	835,7	55 572
267	0,00375	71 289	16,3401	19 034 163	6,4393	838,8	55 990
268	0,00373	71 824	16,3707	19 248 832	6,4473	841,9	56 410
269	0,00372	72 361	16,4012	19 465 109	6,4553	845,1	56 832
270	0,00370	72 900	16,4317	19 683 000	6,4633	848,2	57 256
271	0,00369	73 441	16,4621	19 902 511	6,4713	851,4	57 680
272	0,00368	73 984	16,4924	20 123 648	6,4792	854,5	58 107
273	0,00366	74 529	16,5227	20 346 417	6,4872	857,7	58 535
274	0,00365	75 76	16,5529	20 570 824	6,4951	860,8	58 965
275	0,00364	75 625	16,5831	20 796 875	6,5030	863,9	59 396
276	0,00362	76 176	16,6132	21 024 576	6,5108	867,1	59 828
277	0,00361	76 729	16,6433	21 253 933	6,5187	870,2	60 263
278	0,00360	77 284	16,6733	21 484 952	6,5265	873,4	60 699
279	0,00358	77 841	16,7033	21 717 639	6,5343	876,5	61 136
280	0,00357	78 400	16,7332	21 952 000	6,5421	879,6	61 575
281	0,00356	78 961	16,7631	22 188 041	6,5499	882,8	62 016
282	0,00355	79 524	16,7929	22 425 768	6,5577	885,9	62 458
283	0,00353	80 089	16,8226	22 665 187	6,5654	889,1	62 902
284	0,00352	80 656	16,8523	22 906 304	6,5731	892,2	63 347
285	0,00351	81 225	16,8819	23 149 125	6,5808	895,4	63 794
286	0,00350	81 796	16,9115	23 393 656	6,5885	898,5	64 242
287	0,00348	82 369	16,9411	23 639 903	6,5962	901,6	64 692
288	0,00347	82 944	16,9706	23 887 872	6,6039	904,8	65 144
289	0,00346	83 521	17,0000	24 137 569	6,6115	907,9	65 597
290	0,00345	84 100	17,0294	24 389 000	6,6191	911,1	66 052
291	0,00344	84 681	17,0587	24 642 171	6,6267	914,2	66 508
292	0,00342	85 264	17,0880	24 897 088	6,6343	917,3	66 966
293	0,00341	85 849	17,1172	25 153 757	6,6419	920,5	67 426
294	0,00340	86 436	17,1464	25 412 184	6,6494	923,6	67 887
295	0,00339	87 025	17,1756	25 672 375	6,6569	926,8	68 349
296	0,00338	87 616	17,2047	25 934 336	6,6644	929,9	68 813
297	0,00337	88 209	17,2337	26 198 073	6,6719	933,1	69 279
298	0,00336	88 804	17,2627	26 463 592	6,6794	936,2	69 746
299	0,00334	89 401	17,2916	26 730 899	6,6869	939,3	70 215
300	0,00333	90 000	17,3205	27 000 000	6,6943	942,5	70 686
301	0,00332	90 601	17,3494	27 270 901	6,7018	945,6	71 158
302	0,00331	91 204	17,3781	27 543 608	6,7092	948,8	71 631
303	0,00330	91 809	17,4069	27 818 127	6,7166	951,9	72 107
304	0,00329	92 416	17,4356	28 094 464	6,7240	955,0	72 583
305	0,00328	93 025	17,4642	28 372 625	6,7313	958,2	73 062

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
306	0,00327	93 636	17,4929	28 652 616	6,7387	961,3	73 542
307	0,00326	94 249	17,5214	28 934 443	6,7460	964,5	74 023
308	0,00325	94 864	17,5499	29 218 112	6,7533	967,6	74 506
309	0,00324	95 481	17,5784	29 503 629	6,7606	970,8	74 991
310	0,00323	96 100	17,6068	29 791 000	6,7679	973,9	75 477
311	0,00322	96 721	17,6352	30 080 231	6,7752	977,0	75 964
312	0,00321	97 344	17,6635	30 371 328	6,7824	980,2	76 454
313	0,00319	97 969	17,6918	30 664 297	6,7897	983,3	76 944
314	0,00318	98 596	17,7200	30 959 144	6,7969	986,5	77 437
315	0,00317	99 225	17,7482	31 255 875	6,8041	989,6	77 931
316	0,00316	99 836	17,7764	31 554 496	6,8113	992,7	78 427
317	0,00315	100 489	17,8045	31 855 013	6,8185	995,9	78 924
318	0,00314	101 124	17,8326	32 157 432	6,8256	999,0	79 423
319	0,00313	101 761	17,8606	32 461 759	6,8328	1002,0	79 923
320	0,00313	102 400	17,8885	32 768 000	6,8399	1005,0	80 425
321	0,00312	103 041	17,9165	33 076 161	6,8470	1008,0	80 928
322	0,00311	103 684	17,9444	33 386 248	6,8541	1012,0	81 433
323	0,00310	104 329	17,9722	33 698 267	6,8612	1015,0	81 940
324	0,00309	104 976	18,0000	34 012 224	6,8683	1018,0	82 448
325	0,00308	105 625	18,0278	34 328 125	6,8753	1021,0	82 958
326	0,00307	106 276	18,0555	34 645 976	6,8824	1024,0	83 469
327	0,00306	106 929	18,0831	34 965 783	6,8894	1027,0	83 982
328	0,00305	107 584	18,1108	35 287 552	6,8964	1030,0	84 496
329	0,00304	108 241	18,1384	35 611 289	6,9034	1034,0	85 012
330	0,00303	108 900	18,1659	35 937 000	6,9104	1037,0	85 530
331	0,00302	109 561	18,1934	36 264 691	6,9174	1040,0	86 049
332	0,00301	110 224	18,2209	36 594 368	6,9244	1043,0	86 570
333	0,00300	110 889	18,2483	36 926 037	6,9313	1046,0	87 092
334	0,00299	111 556	18,2757	37 259 704	6,9382	1049,0	87 616
335	0,00299	112 225	18,3030	37 595 375	6,9451	1052,0	88 141
336	0,00298	112 896	18,3303	37 933 056	6,9521	1056,0	88 668
337	0,00297	113 569	18,3576	38 272 753	6,9589	1059,0	89 197
338	0,00296	114 244	18,3848	38 614 472	6,9658	1062,0	89 727
339	0,00295	114 921	18,4120	38 958 219	6,9727	1065,0	90 259
340	0,00294	115 600	18,4391	39 304 000	6,9795	1068,0	90 792
341	0,00293	116 281	18,4662	39 651 821	6,9864	1071,1	91 327
342	0,00292	116 964	18,4932	40 001 688	6,9932	1074,0	91 863
343	0,00292	117 649	18,5203	40 353 607	7,0000	1078,0	92 401
344	0,00291	118 336	18,5472	40 707 584	7,0068	1081,0	92 941
345	0,00290	119 025	18,5742	41 063 625	7,0136	1084,0	93 482
346	0,00289	119 716	18,6011	41 421 736	7,0203	1087,0	94 025
347	0,00288	120 409	18,6279	41 781 923	7,0271	1090,0	94 569
348	0,00287	121 104	18,6548	42 144 192	7,0338	1093,0	95 115
349	0,00287	121 801	18,6815	42 508 549	7,0406	1096,0	95 662
350	0,00286	122 500	18,7083	42 875 000	7,0473	1100,0	96 211

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
351	0,00285	123 201	18,7350	43 243 551	7,0540	1103	96 762
352	0,00284	123 904	18,7617	43 614 208	7,0607	1106	97 314
353	0,00283	124 609	18,7883	43 986 977	7,0674	1109	97 868
354	0,00282	125 316	18,8149	44 361 864	7,0740	1112	98 423
355	0,00282	126 025	18,8414	44 738 875	7,0807	1115	98 980
356	0,00281	126 736	18,8680	45 118 016	7,0873	1118	99 538
357	0,00280	127 449	18,8944	45 499 293	7,0940	1122	100 100
358	0,00279	128 164	18,9209	45 882 712	7,1006	1125	100 660
359	0,00279	128 881	18,9473	46 268 279	7,1072	1128	101 220
360	0,00278	129 600	18,9737	46 656 000	7,1138	1131	101 790
361	0,00277	130 321	19,0000	47 045 881	7,1204	1134	102 350
362	0,00276	131 044	19,0263	47 437 928	7,1269	1137	102 920
363	0,00275	131 769	19,0526	47 832 147	7,1335	1140	103 490
364	0,00275	132 496	19,0788	48 228 544	7,1400	1144	104 060
365	0,00274	133 225	19,1050	48 627 125	7,1466	1147	104 630
366	0,00273	133 956	19,1311	49 027 896	7,1531	1150	105 210
367	0,00272	134 689	19,1572	49 430 863	7,1596	1153	105 780
368	0,00272	135 424	19,1833	49 836 032	7,1661	1156	106 360
369	0,00271	136 161	19,2094	50 243 409	7,1726	1159	106 940
370	0,00270	136 900	19,2354	50 653 000	7,1791	1162	107 520
371	0,00270	137 641	19,2614	51 064 811	7,1855	1166	108 100
372	0,00269	138 384	19,2873	51 478 848	7,1920	1169	108 690
373	0,00268	139 129	19,3132	51 895 117	7,1984	1172	109 270
374	0,00267	139 876	19,3391	52 313 624	7,2048	1175	109 860
375	0,00267	140 625	19,3649	52 734 375	7,2112	1178	110 450
376	0,00266	141 376	19,3907	53 157 376	7,2177	1181	111 041
377	0,00265	142 129	19,4165	53 582 633	7,2240	1184	111 630
378	0,00265	142 884	19,4422	54 010 152	7,2304	1188	112 220
379	0,00264	143 641	19,4679	54 439 939	7,2368	1191	112 810
380	0,00263	144 400	19,4936	54 872 000	7,2432	1194	113 410
381	0,00262	145 161	19,5192	55 306 341	7,2495	1197	114 010
382	0,00262	145 924	19,5448	55 742 968	7,2558	1200	114 610
383	0,00261	146 689	19,5704	56 181 887	7,2622	1203	115 210
384	0,00260	147 456	19,5959	56 623 104	7,2685	1206	115 810
385	0,00260	148 225	19,6214	57 066 625	7,2748	1210	116 420
386	0,00259	148 996	19,6469	57 512 456	7,2811	1213	117 020
387	0,00258	149 769	19,6723	57 960 603	7,2874	1216	117 630
388	0,00258	150 544	19,6977	58 411 072	7,2936	1219	118 240
389	0,00257	151 321	19,7231	58 863 869	7,2999	1222	118 850
390	0,00256	152 100	19,7484	59 319 000	7,3061	1225	119 460
391	0,00256	152 881	19,7737	59 776 471	7,3124	1228	120 070
392	0,00255	153 664	19,7990	60 236 288	7,3186	1232	120 690
393	0,00254	154 449	19,8242	60 698 457	7,3248	1235	121 300
394	0,00254	155 236	19,8494	61 162 984	7,3310	1238	121 920
395	0,00253	156 025	19,8746	61 629 875	7.3372	1241	122 540

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
396	0,00253	156 816	19,8997	62 099 136	7,3434	1244	123 160
397	0,00252	157 609	19,9249	62 570 773	7,3496	1247	123 790
398	0,00251	158 404	19,9499	63 044 792	7,3558	1250	124 410
399	0,00251	159 201	19,9750	63 521 199	7,3619	1253	125 040
400	0,00250	160 000	20,0000	64 000 000	7,3681	1257	125 660
401	0,00249	160 801	20,0250	64 481 201	7,3742	1260	126 290
402	0,00249	161 604	20,0499	64 964 808	7,3803	1263	126 920
403	0,00248	162 409	20,0749	65 450 827	7,3864	1266	127 560
404	0,00248	163 216	20,0998	65 939 264	7,3925	1269	128 190
405	0,00247	164 025	20,1246	66 430 125	7,3986	1272	128 820
406	0,00246	164 836	20,1494	66 923 416	7,4047	1275	129 460
407	0,00246	165 649	20,1742	67 419 143	7,4108	1279	130 100
408	0,00245	166 464	20,1990	67 917 312	7,4169	1282	130 740
409	0,00244	167 281	20,2237	68 417 929	7,4229	1285	131 380
410	0,00244	168 100	20,2485	68 921 000	7,4290	1288	132 030
411	0,00243	168 921	20,2731	69 426 531	7,4350	1291	132 670
412	0,00243	169 744	20,2978	69 934 528	7,4410	1294	133 320
413	0,00242	170 569	20,3224	70 444 997	7,4470	1297	133 960
414	0,00242	171 396	20,3470	70 957 944	7,4530	1301	134 610
415	0,00241	172 225	20,3715	71 473 375	7,4590	1304	135 270
416	0,00240	173 056	20,3961	71 991 296	7,4650	1307	135 920
417	0,00240	173 889	20,4206	72 514 713	7,4710	1310	136 570
418	0,00239	174 724	20,4450	73 034 632	7,4770	1313	137 230
419	0,00239	175 561	20,4695	73 560 059	7,4829	1316	137 890
420	0,00238	176 400	20,4939	74 088 000	7,4889	1319	138 540
421	0,00238	177 241	20,5183	74 618 461	7,4948	1323	139 200
422	0,00237	178 084	20,5426	75 151 448	7,5007	1326	139 870
423	0,00236	178 929	20,5670	75 686 967	7,5067	1329	140 530
424	0,00236	179 776	20,5913	76 225 024	7,5126	1332	141 200
425	0,00235	180 625	20,6155	76 765 625	7,5185	1335	141 860
426	0,00235	181 476	20,6398	77 308 776	7,5244	1338	142 530
427	0,00234	182 329	20,6640	77 854 483	7,5302	1341	143 200
428	0,00234	183 184	20,6882	78 402 752	7,5361	1345	143 870
429	0,00233	184 041	20,7123	78 953 589	7,5420	1348	144 550
430	0,00233	184 900	20,7364	79 507 000	7,5478	1351	145 220
431	0,00232	185 761	20,7605	8 062 991	7,5537	1354	145 900
432	0,00231	186 624	20,7846	80 621 568	7,5595	1357	146 570
433	0,00231	187 489	20,8087	81 182 737	7,5654	1360	147 250
434	0,00230	188 356	20,8327	81 746 504	7,5712	1363	147 930
435	0,00230	189 225	20,8567	82 312 875	7,5770	1367	148 620
436	0,00229	190 096	2 ,8806	82 881 856	7,5828	1370	149 300
437	0,00229	190 969	20,9045	83 453 453	7,5886	1373	149 990
438	0,0 228	191 844	20,9284	84 027 672	7,5944	1376	150 670
439	0,00228	192 721	20,9523	84 604 519	7,6001	1379	151 360
440	0,00227	193 600	20,9762	85 184 000	7,6059	1382	152 050

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
441	0,00227	194 481	21, 000	85 766 121	7,6117	1385	152 750
442	0,00226	195 364	21,0238	86 350 888	7,6174	1389	153 440
443	0,00226	196 249	21,0476	86 938 307	7,6232	1392	154 130
444	0,00225	197 136	21,0713	87 528 384	7,6289	1395	154 830
445	0,00225	198 025	21,0950	88 121 125	7,6346	1398	155 530
446	0,00224	198 916	21,1187	88 716 536	7,6403	1401	156 230
447	0,00224	199 809	21,1424	89 314 623	7,6460	1404	156 930
448	0,00223	200 704	21,1660	89 915 392	7,6517	1407	157 630
449	0,00223	201 601	21,1896	90 518 849	7,6574	1411	158 340
450	0,00222	202 500	21,2132	91 125 000	7,6631	1414	159 040
451	0,00222	203 401	21,2368	91 733 851	7,6688	1417	159 750
452	0,00221	204 304	21,2603	92 345 408	7,6744	1420	160 460
453	0,00221	205 209	21,2838	92 959 677	7,6801	1423	161 170
454	0,00220	206 116	21,3073	93 576 664	7,6857	1426	161 880
455	0,00220	207 025	21,3307	94 196 375	7,6914	1429	162 600
456	0,00219	207 936	21,3542	94 818 816	7,6970	1433	163 310
457	0,00219	208 849	21,3776	95 443 993	7,7026	1436	164 030
458	0,00218	209 764	21,4009	96 071 912	7,7082	1439	164 750
459	0,00218	210 681	21,4243	96 702 579	7,7139	1442	165 470
460	0,00217	211 600	21,4476	97 336 000	7,7194	1445	166 190
461	0,00217	212 521	21,4709	97 972 181	7,7250	1448	166 910
462	0,00216	213 444	21,4942	98 611 128	7,7306	1451	167 640
463	0,00216	214 369	21,5174	99 252 847	7,7362	1455	168 370
464	0,00216	215 296	21,5407	99 897 344	7,7418	1458	169 090
465	0,00215	216 225	21,5639	100 544 625	7,7473	1461	169 820
466	0,00215	217 156	21,5870	101 194 696	7,7529	1464	170 550
467	0,00214	218 089	21,6102	101 847 563	7,7584	1467	171 290
468	0,00214	219 024	21,6333	102 503 232	7,7639	1470	172 020
469	0,00213	219 961	21,6564	103 161 709	7,7694	1473	172 760
470	0,00213	220 900	21,6795	103 823 000	7,7750	1477	173 490
471	0,00212	221 841	21,7025	104 487 111	7,7805	1480	174 230
472	0,00212	222 784	21,7256	105 154 048	7,7860	1483	174 970
473	0,00211	223 729	21,7486	105 823 817	7,7915	1486	175 720
474	0,00211	224 676	21,7715	106 496 424	7,7970	1489	176 460
475	0,00211	225 625	21,7945	107 171 875	7,8025	1492	177 210
476	0,00210	226 576	21,8174	107 850 176	7,8079	1495	177 950
477	0,00210	227 529	21,8403	108 531 333	7,8134	1499	178 700
478	0,00209	228 484	21,8632	109 215 352	7,8188	1502	179 450
479	0,00209	229 441	21,8861	109 902 239	7,8243	1505	180 200
480	0,00208	230 400	21,9089	110 592 000	7,8297	1508	180 960
481	0,00208	231 361	21,9317	111 284 641	7,8352	1511	181 710
482	0,00207	232 324	21,9545	111 980 168	7,8406	1514	182 470
483	0,00207	233 289	21,9773	112 678 587	7,8460	1517	183 220
484	0,00207	234 256	22,0000	113 379 904	7,8514	1521	183 980
485	0,00206	235 225	22,0227	114 084 125	7.8568	1524	184 750

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{1}$
486	0,00206	236 196	22,0454	114 791 256	7,8622	1527	185 510
487	0,00205	237 169	22,0681	115 501 303	7,8676	1530	186 270
488	0,00205	238 144	22,0907	116 214 272	7,8730	1533	187 040
489	0,00204	239 121	22,1133	116 930 169	7,8784	1536	187 810
490	0,00204	240 100	22,1359	117 649 000	7,8837	1539	188 570
491	0,00204	241 081	22,1585	118 370 771	7,8891	1543	189 340
492	0,00203	242 064	22,1811	119 095 488	7,8944	1546	190 120
493	0,00203	243 049	22,2036	119 823 157	7,8998	1549	190 890
494	0,00202	244 036	22,2261	120 553 784	7,9051	1552	191 670
495	0,00202	245 025	22,2486	121 287 375	7,9105	1555	192 440
496	0,00202	246 016	22,2711	122 023 936	7,9158	1558	193 220
497	0,00201	247 009	22,2335	122 763 473	7,9211	1561	194 000
498	0,00201	248 004	22,3159	123 505 992	7,9264	1565	194 780
499	0,00200	249 001	22,3383	124 251 499	7,9317	1568	195 560
500	0,00200	250 000	22,3607	125 000 000	7,9370	1571	196 350
501	0,00200	251 001	22,3830	125 751 501	7,9423	1574	197 140
502	0,00199	252 004	22,4054	126 506 008	7,9476	1577	197 920
503	0,00199	253 009	22,4277	127 263 527	7,9528	1580	198 720
504	0,00198	254 016	22,4499	128 024 064	7,9581	1583	199 500
505	0,00198	255 025	22,4722	128 787 625	7,9634	1587	200 300
506	0,00198	256 036	22,4944	129 554 216	7,9686	1590	201 090
507	0,00197	257 049	22,5167	130 323 843	7,9739	1593	201 890
508	0,00197	258 064	22,5389	131 096 512	7,9791	1596	202 680
509	0,00196	259 081	22,5610	131 872 229	7,9843	1599	203 480
510	0,00196	260 100	22,5832	132 651 000	7,9896	1602	204 280
511	0,00196	261 121	22,6053	133 432 831	7,9948	1605	205 080
512	0,00195	262 144	22,6274	134 217 728	8,0000	1608	205 890
513	0,00195	263 169	22,6495	135 005 697	8,0052	1612	206 690
514	0,00195	264 196	22,6716	135 796 744	8,0104	1615	207 500
515	0,00194	265 225	22,6936	136 590 875	8,0156	1618	208 310
516	0,00194	266 256	22,7156	137 388 096	8,0208	1621	209 120
517	0,00193	267 289	22,7376	138 188 413	8,0260	1624	209 930
518	0,00193	268 324	22,7596	138 991 832	8,0311	1627	210 740
519	0,00193	269 361	22,7816	139 798 359	8,0363	1630	211 560
520	0,00192	270 400	22,8035	140 608 000	8,0415	1634	212 370
521	0,00192	271 441	22,8254	141 420 761	8,0466	1637	213 190
522	0,00192	272 484	22,8473	142 236 648	8,0517	1640	214 010
523	1,00191	273 529	22,8692	143 055 667	8,0569	1643	214 830
524	0,00191	274 576	22,8910	143 877 824	8,0620	1646	215 650
525	0,50190	275 625	22,9129	144 703 125	8,0671	1649	216 480
526	0,00190	276 676	22,9347	145 531 576	8,0723	1652	217 300
527	0,00190	277 729	22,9565	146 363 183	8,0774	1656	218 130
528	0,00189	278 784	22,9783	147 197 952	8,0825	1659	218 960
529	0,00189	279 841	23,0000	148 035 889	8,0876	1662	219 790
530	0,00189	280 900	23,0217	148 877 000	8,0927	1665	220 620

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
531	0,00188	281 961	23,0434	149 721 291	8,0978	1668	221 430
532	0,00188	283 024	23,0651	150 568 768	8,1028	1671	222 290
533	0,00188	284 089	23,0868	151 419 437	8,1079	1674	223 120
534	0,00187	285 156	23,1084	152 273 304	8,1130	1678	223 960
535	0,00187	286 225	23,1301	153 130 375	8,1180	1681	224 800
536	0,00187	287 296	23,1517	153 990 656	8,1231	1684	225 640
537	0,00186	288 369	23,1733	154 854 153	8,1281	1687	226 480
538	0,00186	289 444	23,1948	155 720 872	8,1332	1690	227 330
539	0,00186	290 521	23,2164	156 590 819	8,1382	1693	228 170
540	0,00185	291 600	23,2379	157 464 000	8,1433	1696	229 020
541	0,00185	292 681	23,2594	158 340 421	8,1483	1700	229 870
542	0,00185	293 764	23,2809	159 220 088	8,1533	1703	230 720
543	0,00184	294 849	23,3024	160 103 007	8,1583	1706	231 570
544	0,00184	295 936	23,3238	160 989 184	8,1633	1709	232 430
545	0,00183	297 025	23,3452	161 878 625	8,1683	1712	233 280
546	0,00183	298 116	23,3666	162 771 336	8,1733	1715	234 140
547	0,00183	299 209	23,3880	163 667 323	8,1783	1718	235 000
548	0,00182	300 304	23,4094	164 566 592	8,1833	1722	235 860
549	0,00182	301 401	23,4307	165 469 149	8,1882	1725	236 720
550	0,00182	302 500	23,4521	166 375 000	8,1932	1728	237 580
551	0,00181	303 601	23,4734	167 284 151	8,1982	1731	238 450
552	0,00181	304 704	23,4947	168 196 608	8,2031	1734	239 310
553	0,00181	305 809	23,5160	169 112 377	8,2081	1737	240 180
554	0,00181	306 916	23,5372	170 031 464	8,2130	1740	241 050
555	0,00180	308 025	23,5584	170 953 875	8,2180	1744	241 920
556	0,00180	309 136	23,5797	171 879 616	8,2229	1747	242 790
557	0,00180	310 249	23,6008	172 808 693	8,2278	1750	243 670
558	0,00179	311 364	23,6220	173 741 112	8,2327	1753	244 540
559	0,00179	312 481	23,6432	174 768 879	8,2377	1756	245 420
560	0,00179	313 600	23,6643	175 616 000	8,2426	1759	246 300
561	0,00178	314 721	23,6854	176 558 481	8,2475	1762	247 180
562	0,00178	315 844	23,7065	177 504 328	8,2524	1766	248 060
563	0,00178	316 969	23,7276	178 453 547	8,2573	1769	248 950
564	0,00177	318 096	23,7487	179 406 144	8,2621	1772	249 830
565	0,00177	319 225	23,7697	180 362 125	8,2670	1775	250 720
566	0,00177	320 356	23,7908	181 321 496	8,2719	1778	251 610
567	0,00176	321 489	23,8118	182 284 263	8,2768	1781	252 500
568	0,00176	322 624	23,8328	183 250 432	8,2816	1784	253 390
569	0,00176	323 761	23,8537	184 220 009	8,2865	1788	254 280
570	0,00175	324 900	23,8747	185 193 000	8,2913	1791	255 180
571	0,00175	326 041	23,8956	186 169 411	8,2962	1794	256 070
572	0,00175	327 184	23,9165	187 149 248	8,3010	1797	256 970
573	0,00175	328 329	23,9374	188 132 517	8,3059	1800	257 870
574	0,00174	329 476	23,9583	189 119 224	8,3107	1803	258 770
575	0,00174	330 625	23,9792	190 109 375	8,3155	1806	259 670

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
576	0,00174	331 776	24,0000	191 102 976	8,3203	1810	260 580
577	0,00173	332 929	24,0208	192 100 033	8,3251	1813	261 480
578	0,00173	334 084	24,0416	193 100 552	8,3300	1816	262 390
579	0,00173	335 241	24,0624	194 104 539	8,3348	1819	263 300
580	0,00172	336 400	24,0832	195 112 000	8,3396	1822	264 210
581	0,00172	337 561	24,1039	196 122 941	8,3443	1825	265 120
582	0,00172	338 724	24,1247	197 137 368	8,3491	1828	266 030
583	0,00172	339 889	24,1454	198 155 287	8,3539	1832	266 950
584	0,00171	341 056	24,1661	199 176 704	8,3587	1835	267 860
585	0,00171	342 225	24,1868	200 201 625	8,3634	1838	268 780
586	0,00171	343 396	24,2074	201 230 056	8,3682	1841	269 700
587	0,00170	344 569	24,2281	202 262 003	8,3730	1844	270 620
588	0,00170	345 744	24,2487	203 297 472	8,3777	1847	271 550
589	0,00170	346 921	24,2693	204 336 469	8,3825	1850	272 470
590	0,00169	348 100	24,2899	205 379 000	8,3872	1854	273 400
591	0,00169	349 281	24,3105	206 425 071	8,3919	1857	274 320
592	0,00169	350 464	24,3311	207 474 688	8,3967	1860	275 250
593	0,00169	351 649	24,3516	208 527 857	8,4014	1863	276 180
594	0,00168	352 836	24,3721	209 584 584	8,4061	1866	277 120
595	0,00168	354 025	24,3926	210 644 875	8,4108	1869	278 050
596	0,00168	355 216	24,4131	211 708 736	8,4155	1872	278 990
597	0,00168	356 409	24,4336	212 776 173	8,4202	1876	279 930
598	0,00167	357 604	24,4540	213 847 192	8,4249	1879	280 860
599	0,00167	358 801	24,4745	214 921 799	8,4296	1882	281 800
600	0,00167	360 000	24,4949	216 000 000	8,4343	1885	282 740
601	0,00166	361 201	24,5153	217 081 801	8,4390	1888	283 690
602	0,00166	362 404	24,5357	218 167 208	8,4437	1891	284 630
603	0,00166	363 609	24,5561	219 256 227	8,4484	1894	285 580
604	0,00166	364 816	24,5764	220 348 864	8,4530	1898	286 530
605	0,00165	366 025	24,5967	221 445 125	8,4577	1901	287 480
606	0,00165	367 236	24,6171	222 545 016	8,4623	1904	288 430
607	0,00165	368 449	24,6374	223 648 543	8,4670	1907	289 380
608	0,00164	369 664	24,6577	224 755 712	8,4716	1910	290 330
609	0,00164	370 881	24,6779	225 866 529	8,4763	1913	291 290
610	0,00164	372 100	24,6982	226 981 000	8,4809	1916	292 250
611	0,00164	373 321	24,7184	228 099 131	8,4856	1920	293 210
612	0,00163	374 544	24,7386	229 220 928	8,4902	1923	294 170
613	0,00163	375 769	24,7588	230 346 397	8,4948	1926	295 130
614	0,00163	376 996	24,7790	231 475 544	8,4994	1929	296 090
615	0,00163	378 225	24,7992	232 608 375	8,5040	1932	297 060
616	0,00162	379 456	24,8193	233 744 896	8,5086	1935	298 020
617	0,00162	380 689	24,8395	234 885 113	8,5132	1938	298 990
618	0,00162	381 924	24,8596	236 029 032	8,5178	1942	299 960
619	0,00162	383 161	24,8797	237 176 659	8,5224	1945	300 930
620	0,00161	384 400	24,8998	238 328 000	8,5270	1948	301 910

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
621	0,00161	385 641	24,9199	239 483 061	8,5316	1951	302 880
622	0,00161	386 884	24,9399	240 641 848	8,5362	1954	303 860
623	0,00161	388 129	24,9600	241 804 367	8,5408	1957	304 840
624	0,00160	389 376	24,9800	242 970 624	8,5453	1960	305 820
625	0,00160	390 625	25,0000	244 140 625	8,5499	1963	306 800
626	0,00160	391 876	25,0200	245 314 376	8,5544	1967	307 780
627	0,00159	393 129	25,0400	246 491 883	8,5590	1970	308 760
628	0,00159	394 384	25,0599	247 673 152	8,5635	1973	309 750
629	0,00159	395 641	25,0799	248 858 189	8,5681	1976	310 740
630	0,00159	396 900	25,0998	250 047 000	8,5726	1979	311 720
631	0,00158	398 161	25,1197	251 239 591	8,5772	1982	312 710
632	0,00158	399 424	25,1396	252 435 968	8,5817	1985	313 710
633	0,00158	400 689	25,1595	253 636 137	8,5862	1989	314 700
634	0,00158	401 956	25,1794	254 840 104	8,5907	1992	315 700
635	0,00157	403 225	25,1992	256 047 875	8,5952	1995	316 690
636	0,00157	404 496	25,2190	257 259 456	8,5997	1998	317 690
637	0,00157	405 769	25,2389	258 474 853	8,6043	2001	318 690
638	0,00157	407 044	25,2587	259 694 072	8,6088	2004	319 690
639	0,00156	408 321	25,2784	260 917 119	8,6132	2007	320 690
640	0,00156	409 600	25,2982	262 144 000	8,6177	2011	321 700
641	0,00156	410 881	25,3180	263 374 721	8,6222	2014	322 710
642	0,00156	412 164	25,3377	264 609 288	8,6267	2017	323 710
643	0,00156	413 449	25,3574	265 847 707	8,6312	2020	324 720
644	0,00155	414 736	25,3772	267 089 984	8,6357	2023	325 730
645	0,00155	416 025	25,3969	268 336 125	8,6401	2026	326 750
646	0,00155	417 316	25,4165	269 586 136	8,6446	2029	327 760
647	0,00155	418 609	25,4362	270 840 023	8,6490	2033	328 770
648	0,00154	419 904	25,4558	272 097 792	8,6535	2036	329 790
649	0,00154	421 201	25,4755	273 359 449	8,6579	2039	330 810
650	0,00154	422 500	25,4951	274 625 000	8,6624	2042	331 830
651	0,00154	423 801	25,5147	275 894 451	8,6668	2045	332 850
652	0,00153	425 104	25,5343	277 167 808	8,6713	2048	333 880
653	0,00153	426 409	25,5539	278 445 077	8,6757	2051	334 900
654	0,00153	427 716	25,5734	279 726 264	8,6801	2055	335 940
655	0,00153	429 025	25,5930	281 011 375	8,6845	2058	336 960
656	0,00152	430 336	25,6125	282 300 416	8,6890	2061	337 990
657	0,00152	431 649	25,6320	283 593 393	8,6934	2064	339 020
658	0,00152	432 964	25,6515	284 890 312	8,6978	2067	340 050
659	0,00152	434 281	25,6710	286 191 179	8,7022	2070	341 080
660	0,00152	435 600	25,6905	287 496 000	8,7066	2073	342 120
661	0,00151	436 921	25,7099	288 804 781	8,7110	2077	343 160
662	0,00151	438 244	25,7294	290 117 528	8,7154	2080	344 200
663	0,00151	439 569	25,7488	291 434 247	8,7198	2083	345 240
664	0,00151	440 896	25,7682	292 754 944	8,7241	2086	346 280
665	0,00150	442 225	25,7876	294 079 625	8,7285	2089	347 320

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
666	0,00150	443 556	25,8070	295 408 296	8,7329	2092	348 370
667	0,00150	444 889	25,8263	296 740 963	8,7373	2095	349 420
668	0,00150	446 224	25,8457	298 077 632	8,7416	2099	350 460
669	0,00149	447 561	25,8650	299 418 309	8,7460	2102	351 510
670	0,00149	448 900	25,8844	300 763 000	8,7503	2105	352 570
671	0,00149	450 241	25,9037	302 111 711	8,7547	2108	353 620
672	0,00149	451 584	25,9230	303 464 448	8,7590	2111	354 670
673	0,00149	452 929	25,9422	304 821 217	8,7634	2114	355 730
674	0,00148	454 276	25,9615	306 182 024	8,7677	2117	356 790
675	0,00148	455 625	25,9808	307 546 875	8,7721	2121	357 850
676	0;00148	456 976	26,0000	308 915 776	8,7764	2124	358 910
677	0,00148	458 329	26,0192	310 288 733	8,7807	2127	359 970
678	0,00147	459 684	26,0384	311 665 752	8,7850	2130	361 030
679	0,00147	461 041	26,0576	313 046 839	8,7893	2133	362 100
680	0,00147	462 400	26,0768	314 432 000	8,7937	2136	363 170
681	0,00147	463 761	26,0960	315 821 241	8,7980	2139	364 240
682	0,00147	465 124	26,1151	317 214 568	8,8023	2143	365 310
683	0,00146	466 489	26,1343	318 611 987	8,8066	2146	366 380
684	0,00146	467 856	26,1534	320 013 504	8,8109	2149	367 450
685	0,00146	469 225	26,1725	321 419 125	8,8152	2152	368 530
686	0,00146	470 596	26,1916	322 828 856	8,8194	2155	369 620
687	0,00146	471 969	26,2107	324 242 703	8,8237	2158	370 680
688	0,00145	473 344	26,2298	325 660 672	8,8280	2161	371 760
689	0,00145	474 721	26,2488	327 082 769	8,8323	2165	372 850
690	0,00145	476 100	26,2679	328 509 000	8,8366	2168	373 930
691	0,00145	477 481	26,2869	329 939 371	8,8408	2171	375 010
692	0,00145	478 864	26,3059	331 373 888	8,8451	2174	376 100
693	0,00144	480 249	26,3249	332 812 557	8,8493	2177	377 190
694	0,00144	481 636	26,3439	334 255 384	8,8536	2180	378 280
695	0,00144	483 025	26,3629	335 702 375	8,8578	2183	379 370
696	0;00144	484 416	26,3818	337 153 536	8,8621	2187	380 460
697	0,00143	485 809	26,4008	338 608 873	8,8663	2190	381 550
698	0,00143	487 204	26,4197	340 068 392	8,8706	2193	382 650
699	0,00143	488 601	26,4386	341 532 099	8,8748	2196	383 750
700	0,00143	490 000	26,4575	343 000 000	8,8790	2199	384 850
701	0,00143	491 401	26,4764	344 472 101	8,8833	2202	385 950
702	0,00142	492 804	26,4953	345 948 408	8,8875	2205	387 050
703	0,00142	494 209	26,5141	347 428 927	8,8917	2209	388 150
704	0,00142	495 616	26,5330	348 913 664	8,8959	2212	389 260
705	0,00142	497 025	26,5518	350 402 625	8,9001	2215	390 360
706	0,00142	498 436	26,5707	351 895 816	8,9043	2218	391 470
707	0,00141	499 849	26,5895	353 393 243	8,9085	2221	392 580
708	0,00141	501 264	26,6083	354 894 912	8,9127	2224	393 690
709	0,00141	502 681	26,6271	356 400 829	8,9169	2227	394 800
710	0,00141	504 100	26,6458	357 911 000	8,9211	2231	395 920

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
711	0,00141	505 521	26,6646	359 425 431	8,9253	2234	397 040
712	0,00140	506 944	26,6833	360 944 128	8,9295	2237	398 150
713	0,00140	508 369	26,7021	362 467 097	8,9337	2240	399 270
714	0,00140	509 796	26,7208	363 994 344	8,9378	2243	400 390
715	0,00140	511 225	26,7395	365 525 875	8,9420	2246	401 520
716	0,00140	512 656	26,7582	367 061 696	8,9462	2249	402 640
717	0,00139	514 089	26,7769	368 601 813	8,9503	2253	403 760
718	0,00139	515 524	26,7955	370 146 232	8,9545	2256	404 890
719	0,00139	516 961	26,8142	371 694 959	8,9587	2259	406 020
720	0,00139	518 400	26,8328	373 248 000	8,9628	2262	407 150
721	0,00139	519 841	26,8514	374 805 361	8,9670	2265	408 280
722	0,00139	521 284	26,8701	376 367 048	8,9711	2268	409 420
723	0,00138	522 729	26,8887	377 933 067	8,9752	2271	410 550
724	0,00138	524 176	26,9072	379 503 424	8,9794	2275	411 690
725	0,00138	525 625	26,9258	381 078 125	8,9835	2278	412 820
726	0,00138	527 076	26,9444	382 657 176	8,9876	2281	413 960
727	0,00138	528 529	26,9629	384 240 583	8,9918	2284	415 110
728	0'00137	529 984	26,9815	385 828 352	8,9959	2287	416 250
729	0,00137	531 441	27,0000	387 420 489	9,0000	2290	417 390
730	0,00137	532 900	27,0185	389 017 000	9,0041	2293	418 540
731	0,00137	534 361	27,0370	390 617 891	9,0082	2297	419 69
732	0,00137	535 824	27,0555	392 223 168	9,0123	2300	420 840
733	0,00136	537 289	27,0740	393 832 837	9,0164	2303	421 990
734	0,00136	538 756	27,0924	395 446 904	9,0205	2306	423 140
735	0,00136	540 225	27,1109	397 065 375	9,0246	2309	424 290
736	0,00136	541 696	27,1293	398 688 256	9,0287	2312	425 450
737	0,00136	543 169	27,1477	400 315 553	9,0328	2315	426 600
738	0,00136	544 644	27,1662	401 947 272	9,0369	2318	427 760
739	0,00135	546 121	27,1846	403 583 419	9,0410	2322	428 920
740	0,00135	547 600	27,2029	405 224 000	9,0450	2325	430 080
741	0,00135	549 081	27,2213	406 869 021	9,0491	2328	431 250
742	0,00135	550 564	27,2397	408 518 488	9,0532	2331	432 410
743	0,00135	552 049	27,2580	410 172 407	9,0572	2334	433 580
744	0,00134	553 536	27,2764	411 830 784	9,0613	2337	434 750
745	0,00134	555 025	27,2947	413 493 625	9,0654	2340	435 920
746	0,00134	556 516	27,3130	415 160 936	9,0694	2344	437 090
747	0,00134	558 009	27,3313	416 832 723	9,0735	2347	438 260
748	0,00134	559 504	27,3496	418 508 992	9,0775	2350	439 430
749	0,00134	561 001	27,3679	420 189 749	9,0816	2353	440 610
750	0,00133	562 500	27,3861	421 875 000	9,0856	2356	441 790
751	0,00133	564 001	27,4044	423 564 751	9,0896	2359	442 970
752	0,00133	565 504	27,4226	425 259 008	9,0937	2362	444 150
753	0,00133	567 009	27,4408	426 957 777	9,0977	2366	445 330
754	0,00133	568 516	27,4591	428 661 064	9,1017	2369	446 510
755	0,00132	570 025	27,4773	430 368 875	9,1057	2372	447 700

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
756	0,00132	571 536	27,4955	432 081 216	9,1098	2375	448 880
757	0,00132	573 049	27,5136	433 798 093	9,1138	2378	450 070
758	0,00132	574 564	27,5318	435 519 512	9,1178	2381	451 260
759	0,00132	576 081	27,5500	437 245 479	9,1218	2384	452 450
760	0,00132	577 600	27,5681	438 976 000	9,1258	2388	453 650
761	0,00131	579 121	27,5862	440 711 081	9,1298	2391	454 840
712	0,00131	580 644	27,6043	442 450 728	9,1338	2394	456 040
763	0,00131	582 169	27,6225	444 194 947	9,1378	2397	457 230
764	0,00131	583 696	27,6405	445 943 744	9,1418	2400	458 430
765	0,00131	585 225	27,6586	447 697 125	9,1458	2403	459 630
766	0,00131	586 756	27,6767	449 455 096	9,1498	2406	460 840
767	0,00130	588 289	27,6948	451 217 663	9,1537	2410	462 040
768	0,00130	589 824	27,7128	452 984 832	9,1577	2413	463 250
769	0,00130	591 361	27,7308	454 756 609	9,1617	2416	464 450
770	0,00130	592 900	27,7489	456 533 000	9,1657	2419	465 660
771	0,00130	594 441	27,7669	458 314 011	9,1696	2422	466 870
772	0,00130	595 984	27,7849	460 099 648	9,1736	2425	468 080
773	0,00129	597 529	27,8029	461 889 917	9,1775	2428	469 300
774	0,00129	599 076	27,8209	463 684 824	9,1815	2432	470 510
775	0,00129	600 625	27,8388	465 484 375	9,1855	2435	471 730
776	0,00129	602 176	27,8568	467 288 576	9,1894	2438	472 950
777	0,00129	603 729	27,8747	469 097 433	9,1933	2441	474 170
778	0,00129	605 284	27,8927	470 910 952	9,1973	2444	475 390
779	0,00128	606 841	27,9106	472 729 139	9,2012	2447	476 610
780	0,00128	608 400	27,9285	474 552 000	9,2052	2450	477 840
781	0,00128	609 961	27,9464	476 379 541	9,2091	2454	479 060
782	0,00128	611 524	27,9643	478 211 768	9,2130	2457	480 290
783	0,00128	613 089	27,9821	480 048 687	9,2170	2460	481 520
784	0,00128	614 656	28,0000	481 890 304	9,2209	2463	482 750
785	0,00127	616 225	28,0179	483 736 625	9,2248	2466	483 980
786	0,00127	617 796	28,0357	485 587 656	9,2287	2469	485 220
787	0,00127	619 369	28,0535	487 443 403	9,2326	2472	486 450
788	0,00127	620 944	28,0713	489 303 872	9,2365	2476	487 690
789	0,00127	622 521	28,0891	491 169 069	9,2404	2479	488 930
790	0,00127	624 100	28,1069	493 039 000	9,2443	2482	490 170
791	0,00126	625 681	28,1247	494 913 671	9,2482	2485	491 410
792	0,00126	627 264	28,1425	496 793 088	9,2521	2488	492 650
793	0,00126	628 849	28,1603	498 677 257	9,2560	2491	493 900
794	0,00126	630 436	28,1780	500 566 184	9,2599	2494	495 140
795	0,00126	632 025	28,1957	502 459 875	9,2638	2498	496 390
796	0,00126	633 616	28,2135	504 358 336	9,2677	2501	497 640
797	0,00125	635 209	28,2312	506 261 573	9,2716	2504	498 890
798	0,00125	636 804	28,2489	508 169 592	9,2754	2507	500 140
799	0,00125	638 401	28,2666	510 082 399	9,2793	2510	501 400
800	0,00125	640 000	28,2843	512 000 000	9,2832	2513	502 650

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
801	0,00125	641 601	28,3019	513 922 401	9,2870	2516	503 910
802	0,00125	643 204	28,3196	515 849 608	9,2909	2520	505 170
803	0,00125	644 809	28,3373	517 781 627	9,2948	2523	506 430
804	0,00124	646 416	28,3549	519 718 464	9,2986	2526	507 690
805	0,00124	548 025	28,3725	521 660 125	9,3025	2529	508 960
806	0,00124	649 636	28,3901	523 606 616	9,3063	2532	510 220
807	0,00124	651 249	28,4077	525 557 943	9,3102	2535	511 490
808	0,00124	652 864	28,4253	527 514 112	9,3140	2538	512 760
809	0,00124	654 481	28,4429	529 475 129	9,3179	2542	514 030
810	0,00123	656 100	28,4605	531 441 000	9,3217	2545	515 300
811	0,00123	657 721	28,4781	533 411 731	9,3255	2548	516 570
812	0,00123	659 344	28,4956	535 387 328	9,3294	2551	517 850
813	0,00123	660 969	28,5132	537 367 797	9,3332	2554	519 120
814	0,00123	662 596	28,5307	539 353 144	9,3370	2557	520 400
815	0,00123	664 225	28,5482	541 343 375	9,3408	2560	521 680
816	0,00123	665 856	28,5657	543 338 496	9,3447	2564	522 960
817	0,00122	667 489	28,5832	545 338 513	9,3485	2567	524 240
818	0,00122	669 124	28,6007	547 343 432	9,3523	2570	525 530
819	0,00122	670 761	28,6182	549 353 259	9,3561	2573	526 810
820	0,00122	672 400	28,6356	551 368 000	9,3599	2576	528 100
821	0,00122	674 041	28,6531	553 387 661	9,3637	2579	529 390
822	0,00122	675 684	28,6705	555 412 248	9,3675	2582	530 680
823	0,00122	677 329	28,6880	557 441 767	9,3713	2586	531 970
824	0,00121	678 976	28,7054	559 476 224	9,3751	2589	533 270
825	0,00121	680 625	28,7228	561 515 625	9,3789	2592	534 560
826	0,00121	682 276	28,7402	563 559 976	9,3827	2595	535 860
827	0,00121	683 929	28,7576	565 609 283	9,3865	2598	537 160
828	0,00121	685 584	28,7750	567 663 552	9,3902	2601	538 460
829	0,00121	687 241	28,7924	569 722 789	9,3940	2604	539 760
830	0,00120	688 900	28,8097	571 787 000	9,3978	2608	541 060
831	0,00120	690 561	28,8271	573 856 191	9,4016	2611	542 370
832	0,00120	692 224	28,8444	575 930 368	9,4053	2614	543 670
833	0,00120	693 889	28,8617	578 009 537	9,4091	2617	544 980
834	0,00120	695 556	28,8791	580 093 704	9,4129	2620	546 290
835	0,00120	697 225	28,8964	582 182 875	9,4166	2623	547 600
836	0,00120	698 896	28,9137	584 277 056	9,4204	2626	548 910
837	0,00119	700 569	28,9310	586 376 25.	9,4241	2630	550 230
838	0,00119	702 244	28,9482	588 480 472	9,4279	2633	551 540
839	0,00119	703 921	28,9655	590 589 719	9,4316	2636	552 860
840	0,00119	705 600	28,9828	592 704 000	9,4354	2639	554 180
841	0,00119	707 281	29,0000	594 823 321	9,4391	2642	555 500
842	0,00119	708 964	29,0172	596 947 688	9,4429	2645	556 820
843	0,00119	710 649	29,0345	599 077 107	9,4466	2648	558 140
844	0,00118	712 336	29,0517	601 211 584	9,4503	2652	559 470
845	0,00118	714 025	29,0689	603 351 125	9,4541	2655	560 790

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
846	0,00118	715 716	29,0861	605 495 736	9,4578	2658	562 120
847	0,00118	717 409	29,1033	607 645 423	9,4615	2661	563 450
848	0,00118	719 104	29,1204	609 800 192	9,4652	2664	564 780
849	0,00118	720 801	29,1376	611 960 049	9,4690	2667	566 120
850	0,00118	722 500	29,1548	614 125 000	9,4727	2670	567 450
851	0,00118	724 201	29,1719	616 295 051	9,4764	2673	568 790
852	0,00117	725 904	29,1890	618 470 208	9,4801	2677	570 120
853	0,00117	727 609	29,2062	620 650 477	9,4838	2680	571 460
854	0,00117	729 316	29,2233	622 835 864	9,4875	2683	572 800
855	0,00117	731 025	29,2404	625 026 375	9,4912	2686	574 150
856	0,00117	732 736	29,2575	627 222 016	9,4949	2689	575 490
857	0,00117	734 449	29,2746	629 422 793	9,4986	2692	576 830
858	0,00117	736 164	29,2916	631 628 712	9,5023	2695	578 180
859	0,00116	737 881	29,3087	633 839 779	9,5060	2699	579 530
860	0,00116	739 600	29,3258	636 056 000	9,5097	2702	580 880
861	0,00116	741 321	29,3428	638 277 381	9,5134	2705	582 230
862	0,00116	743 044	29,3598	640 503 928	9,5171	2708	583 590
863	0,00116	744 769	29,3769	642 735 647	9,5207	2711	584 940
864	0,00116	746 496	29,3939	644 972 544	9,5244	2714	586 300
865	0,00116	748 225	29,4109	647 214 625	9,5281	2717	587 650
866	0,00115	749 956	29,4279	649 461 896	9,5317	2721	589 010
867	0,00115	751 689	29,4449	651 714 363	9,5354	2724	590 380
868	0,00115	753 424	29,4618	653 972 032	9,5391	2727	591 740
869	0,00115	755 161	29,4788	656 234 909	9,5427	2730	593 100
870	0,00115	756 900	29,4958	658 503 000	9,5464	2733	594 470
871	0,00115	758 641	29,5127	660 776 311	9,5501	2736	595 840
872	0,00115	760 384	29,5296	663 054 848	9,5537	2739	597 200
873	0,00115	762 129	29,5466	665 338 617	9,5574	2743	598 570
874	0,00114	763 876	29,5635	667 627 624	9,5610	2746	599 950
875	0,00114	765 625	29,5804	669 921 875	9,5647	2749	601 320
876	0,00114	767 376	29,5973	672 221 376	9,5683	2752	602 700
877	0,00114	769 129	29,6142	674 526 133	9,5719	2755	604 070
878	0,00114	770 884	29,6311	676 836 152	9,5756	2758	605 450
879	0,00114	772 641	29,6479	679 151 439	9,5792	2761	606 830
880	0,00114	774 400	29,6648	681 472 000	9,5828	2765	608 210
881	0,00114	776 161	29,6816	683 797 841	9,5865	2768	609 600
882	0,00113	777 924	29,6985	686 128 968	9,5901	2771	610 980
883	0,00113	779 689	29,7153	688 465 387	9,5937	2774	612 370
884	0,00113	781 456	29,7321	690 807 104	9,5973	2777	613 750
885	0,00113	783 225	29,7489	693 154 125	9,6010	2780	615 140
886	0,00113	784 996	29,7658	695 506 456	9,6046	2783	616 530
887	0,00113	786 769	29,7825	697 864 103	9,6082	2787	617 930
888	0,00113	788 544	29,7993	700 227 072	9,6118	2790	619 320
889	0,00112	790 321	29,8161	702 595 369	9,6154	2793	620 720
890	0,00112	792 100	29,8329	704 969 000	9,6190	2796	622 110

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
891	0,00112	793 881	29,8496	707 347 971	9,6226	2799	623 510
892	0,00112	795 664	29,8664	709 732 288	9,6262	2802	624 910
893	0,00112	797 449	29,8831	712 121 957	9,6298	2805	626 310
894	0,00112	799 236	29,8998	714 516 984	9,6334	2809	627 720
895	0,00112	801 025	29,9166	716 917 375	9,6370	2812	629 120
896	0,00112	802 816	29,9333	719 323 136	9,6406	2815	630 530
897	0,00111	804 609	29,9500	721 734 273	9,6442	2818	631 940
898	0,00111	806 404	29,9666	724 150 792	9,6477	2821	633 350
899	0,00111	808 201	29,9833	726 572 699	9,6513	2824	634 760
900	0,00111	81 000	30,0000	729 000 000	9,6549	2827	636 170
901	0,00111	811 801	30,0167	731 432 701	9,6585	2831	637 590
902	0,00111	813 604	30,0333	733 870 808	9,6620	2834	639 000
903	0,00111	815 409	30,0500	736 314 327	9,6656	2837	640 420
904	0,00111	817 216	30,0666	738 763 264	9,6692	2840	641 840
905	0,00110	819 025	30,0832	741 217 625	9,6729	2843	643 260
906	0,60110	820 836	30,0998	743 677 416	9,6763	2846	644 680
907	0,00110	822 649	30,1164	746 142 643	9,6799	2849	646 110
908	0,00110	824 464	30,1330	848 613 312	9,6834	2853	647 530
909	0,00110	826 281	30,1496	751 089 429	9,6870	2856	648 960
910	0,00110	828 100	30,1662	753 571 000	9,6905	2859	650 390
911	0,00110	829 921	30,1828	756 058 031	9,6941	2862	651 820
912	0,00110	831 744	30,1993	758 550 528	9,6976	2865	653 250
913	0,00110	833 569	30,2159	761 048 497	9,7012	2868	654 680
914	0,00109	835 396	30,2324	763 551 944	9,7047	2871	656 120
915	0,00109	837 225	30,2490	766 060 875	9,7082	2875	657 550
916	0,00109	839 056	30,2655	768 575 296	9,7118	2878	658 990
917	0,00109	840 889	30,2820	771 095 213	9,7153	2881	660 430
918	0,00109	842 724	30,2985	773 620 632	9,7188	2884	661 870
919	0,00109	844 561	30,3150	776 151 559	9,7224	2887	663 320
920	0,00109	846 400	30,3315	778 688 000	9,7259	2890	664 760
921	0,00109	848 241	30,3480	781 229 961	9,7294	2893	666 210
922	0,00108	850 084	30,3645	783 777 448	9,7329	2897	667 650
923	0,00108	851 929	30,3809	786 330 467	9,7364	2900	669 100
924	0,00108	853 776	30,3974	788 889 024	9,7400	2903	670 550
925	0,00108	855 625	30,4138	791 453 125	9,7435	2906	672 010
926	0,00108	857 476	30,4302	794 022 776	9,7470	2909	673 460
927	0,00108	859 329	30,4467	796 597 983	9,7505	2912	674 920
928	0,00108	861 184	30,4631	799 178 752	9,7540	2915	676 370
929	0,00108	863 041	30,4795	801 765 089	9,7575	2919	677 830
930	0,00108	864 900	30,4959	804 357 000	9,7610	2922	679 290
931	0,00107	866 761	30,5123	806 954 491	9,7645	2925	680 750
932	0,00107	868 624	30,5287	809 557 568	9,7680	2928	682 220
933	0,00107	870 489	30,5450	812 166 237	9,7715	2931	683 680
934	0,00107	872 356	30,5614	814 780 504	9,7750	2934	685 150
935	0,00107	874 225	30,5778	817 400 375	9,7785	2937	686 610

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	$n\pi$	$\frac{\pi n^2}{4}$
936	0,00107	876 096	30,5941	820 025 856	9,7819	2941	688 080
937	0,00107	877 969	30,6105	822 656 953	9,7854	2944	689 560
938	0,00107	879 844	30,6268	825 293 672	9,7889	2947	691 030
939	0,00106	881 721	30,6431	827 936 019	9,7924	2950	692 500
940	0,00106	883 600	30,6594	830 584 000	9,7959	2953	693 98
941	0,00106	885 481	30,6757	833 237 621	9,7993	2956	695 460
942	0,00106	887 364	30,6920	835 896 888	9,8028	2959	696 930
943	0,00106	889 249	30,7083	838 561 807	9,8063	2963	698 410
944	0,00106	891 136	30,7246	841 232 384	9,8097	2966	699 900
945	0,00106	893 025	30,7049	843 908 625	9,8132	2969	701 380
946	0,00106	894 916	30,7571	846 590 536	9,8167	2972	702 870
947	0,00106	896 809	30,7734	849 278 123	9,8201	2975	704 350
948	0,00105	898 704	30,7896	851 971 392	9,8236	2978	705 840
949	0,00105	900 601	30,8058	854 670 349	9,8270	2981	707 330
950	0,00105	902 500	30,8221	857 375 000	9,8305	2985	708 820
951	0,00105	904 401	30,8383	860 085 351	9,8339	2988	710 310
952	0,00105	906 304	30,8545	862 801 408	9,8374	2991	711 810
953	0,00105	908 209	30,8707	865 523 177	9,8408	2994	713 310
954	0,00105	910 116	30,8869	868 250 664	9,8443	2997	714 800
955	0,00105	912 025	30,9031	870 983 875	9,8477	3000	716 300
956	0,00105	913 936	30,9192	873 722 816	9,8511	3003	717 800
957	0,00104	915 849	30,9354	876 467 493	9,8546	3007	719 310
958	5,00104	917 764	30,9516	879 217 912	9,8580	3010	720 810
959	0,00104	919 681	30,9677	881 974 079	9,8614	3013	722 320
960	0,00104	921 600	30,9839	884 736 000	9,8648	3016	723 820
961	0,00104	923 521	31,0000	887 503 681	9,8683	3019	725 330
962	0,00104	925 444	31,0161	890 277 128	9,8717	3022	726 840
963	0,00104	927 369	31,0322	893 056 347	9,8751	3025	728 350
964	0,00104	929 296	31,0483	895 841 344	9,8785	3028	729 870
965	0,00104	931 225	31,0644	898 632 125	9,8819	3032	731 380
966	0,00104	933 156	31,0805	901 428 696	9,8854	3035	732 900
967	0,00103	935 089	31,0966	904 231 063	9,8888	3038	734 420
968	0,00103	937 024	31,1127	907 039 232	9,8922	3041	735 940
969	0,00103	938 961	31,1288	909 853 209	9,8956	3044	737 460
970	0,00103	940 900	31,1448	912 673 000	9,8990	3047	738 980
971	0,00103	942 841	31,1609	915 498 611	9,9024	3050	740 510
972	0,00103	944 784	31,1769	918 330 048	9,9058	3054	742 030
973	0,00103	946 729	31,1929	921 167 317	9,9092	3057	743 560
974	0,00103	948 676	31,2090	924 010 424	9,9126	3060	745 090
975	0,00103	950 625	31,2250	926 859 375	9,9160	3063	746 620
976	0,00102	952 576	31,2410	929 714 176	9,9194	3066	748 150
977	0,00102	954 529	31,2570	932 574 833	9,9227	3069	749 690
978	0,00102	956 484	31,2730	935 441 352	9,9261	3072	751 220
979	0,00102	958 441	31,2890	938 313 739	9,9295	3076	752 760
980	0,00102	960 400	31,3050	941 192 000	9.9320	3079	754 300

n	$\frac{1}{n}$	n^2	$\sqrt{n}$	n^3	$\sqrt[3]{n}$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
981	0,00102	962 361	31,3209	944 076 141	9,9363	3082	755 840
982	0,00102	964 324	31,3369	946 966 168	9,9396	3085	757 380
983	0,00102	966 289	31,3528	949 862 087	9,9430	3088	758 930
984	0,00102	968 256	31,3688	952 763 904	9,9464	3091	760 470
985	0,00102	970 225	31,3847	955 671 625	9,9497	3094	762 010
986	0,00101	972 196	31,4006	958 585 256	9,9531	3098	763 560
987	0,00101	974 169	31,4166	961 504 803	8,9565	3101	765 110
988	0,00101	976 144	31,4325	964 430 272	9,9598	3104	766 660
989	0,00101	978 121	31,4484	967 361 669	9,9632	3107	768 210
990	0,00101	980 100	31,4643	970 299 000	9,9666	3110	769 770
991	0,00101	982 081	31,4802	973 242 271	9,9699	3113	771 320
992	0,00101	984 064	31,4960	976 191 488	9,9733	3116	772 880
993	0,00101	986 049	31,5119	979 146 657	9,9766	3120	774 440
994	0,00101	988 036	31,5278	982 107 784	9,9800	3123	776 000
995	0,00101	990 025	31,5436	985 074 875	9,9833	3126	777 560
996	0,00100	992 016	31,5595	988 047 936	9,9866	3129	779 130
997	0,00100	994 009	31,5753	991 026 973	9,9900	3132	780 690
998	0,00100	996 004	31,5911	994 011 992	9,9933	3135	782 260
999	0,00100	998 001	31,6070	997 002 999	9,9967	3138	783 840
1000	0,00100	1 000 000	31,6228	1 000 000 000	10,0000	3142	785 400

Racines carrées et cubiques de quelques fractions.

n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
1/3	0,577	0,693	1/7	0,378	0,523	1/8	0,354	0,500	4/9	0,667	0,763
2/3	0,816	0,874	2/7	0,535	0,659	3/8	0,612	0,721	5/9	0,745	0,822
1/4	0,500	0,630	3/7	0,655	0,754	5/8	0,791	0,855	7/9	0,882	0,920
3/4	0,866	0,909	4/7	0,756	0,830	7/8	0,935	0,956	1/12	0,289	0,437
1/6	0,408	0,550	5/7	0,845	0,894	1/9	0,333	0,481	5/12	0,645	0,747
5/6	0,913	0,941	6/7	0,926	0,950	2/9	0,471	0,606	7/12	0,764	0,836

QUANTITÉ.	VALEUR numérique.	QUANTITÉ.	VALEUR numérique.	QUANTITÉ.	VALEUR numérique.
π	3,141592653589	$\sqrt[3]{\pi^2}$	2,145029	$\log \pi$	0,497149872694
$\pi\sqrt{2}$	4,44288	$\pi\sqrt[3]{\pi}$	4,601149	$\log \pi^2$	0,994300
$\frac{1}{2}\pi$	1,570796	$\pi\sqrt[3]{\pi^2}$	6,738808	$\log \pi^3$	1,491450
$\frac{1}{3}\pi$	1,047197	$\frac{1}{\pi}$	0,318310	$\log \sqrt{\pi}$	0,248575
$\frac{1}{4}\pi$	0,785398	$\frac{16}{\pi}$	5,092958	$\log \sqrt[3]{\pi}$	0,165717
$\frac{1}{6}\pi$	0,523599	$\frac{64}{\pi}$	20,371833	$\log \frac{1}{\pi}$	0,502850—1
$\frac{1}{12}\pi$	0,261799	$\frac{180}{\pi}$	57,295780	$\log \frac{1}{\pi^2}$	0,005700—1
$\frac{1}{16}\pi$	0,196350	$\frac{1}{\pi^2}$	0,101321	$\log \frac{1}{\pi^3}$	0,508550—2
$\frac{1}{32}\pi$	0,098175	$\frac{1}{\pi^3}$	0,032252	$\log \sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,751425—1
$\frac{1}{64}\pi$	0,049087	$\frac{1}{\pi^4}$	0,010266	$\log \sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,834283—1
$\frac{1}{90}\pi$	0,034907	$\frac{1}{\pi^5}$	0,003268	g	9,81
$\frac{1}{180}\pi$	0,017453	$\frac{1}{\pi^6}$	0,001040	g^2	96,2361
$\frac{\pi}{2}\sqrt{2}$	2,221441	$\sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,564190	$\sqrt{g}$	3,13209
π^2	9,869604	$\sqrt{\frac{2}{\pi}}$	0,797885	$\pi\sqrt{g}$	9,83974
$4\pi^2$	39,478417	$\sqrt{\frac{3}{\pi}}$	0,977205	$2\sqrt{g}$	6,26418
$\frac{1}{4}\pi^2$	2,467401	$\sqrt{\frac{90}{\pi}}$	5,352372	$\sqrt{2g}$	4,42940
$\frac{1}{16}\pi^2$	0,616850	$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0,682784	$\pi\sqrt{2g}$	13,91536
π^3	31,006277	$\sqrt[3]{\frac{2}{\pi}}$	0,860254	$\frac{1}{g}$	0,101936
π^4	97,409091	$\sqrt[3]{\frac{3}{\pi}}$	0,984745	$\frac{\pi^2}{g}$	1,006075
π^5	306,019685			$\frac{1}{2g}$	0,050968
π^6	961,389194			$\frac{1}{g^2}$	0,010391
$\sqrt{\pi}$	1,772454			$\frac{1}{\sqrt{g}}$	0,319275
$2\sqrt{\pi}$	3,544908			$\frac{\pi}{\sqrt{g}}$	1,003033
$\sqrt{2\pi}$	2,506628			$\frac{\pi}{\sqrt{2g}}$	0,709258
$\sqrt{\frac{1}{2}\pi}$	1,253314				
$\pi\sqrt{\pi}$	5,568328				
$\sqrt[3]{\pi}$	1,464592				
$\sqrt[3]{2\pi}$	1,845270				
$\sqrt[3]{\frac{\pi}{2}}$	1,162447				

USAGE DES TABLES (page 29).

DEGRÉS — ARCS — CORDES — FLÈCHES — SURFACE DES SEGMENTS (le rayon étant supposé égal à l'autre).

Pour trouver la surface d'un segment :

1° On connait la corde et le rayon.—On divise la corde ainsi mesurée par le rayon, on trouve un certain nombre, on cherche dans la colonne (corde) le nombre se rapprochant le plus de celui ainsi trouvé, on lit dans la colonne (segment) le nombre correspondant. Ce nombre multiplié par le carré du rayon donne la surface cherchée.

Ex. On demande la surface du segment dont la corde est 24″, le rayon étant de 18″.

Divisant la corde 24 par le rayon 18 on trouve 1.33. Cherchant dans la colonne corde (page 29) le nombre se rapprochant le plus de 1.33, on trouve 1.3252, le segment correspondant est 0.22864 qui multiplié par le carré du rayon $18^2 = 324$ donne

$$324 \times 0.22864 = 74 \text{ pouces carrés } 79 \text{ millièmes.}$$

2° On connait le nombre de degrés et le rayon.—Dans ce cas on cherche dans la première colonne le nombre de degrés, on lit le nombre de la colonne segment et on multiplie ce nombre par le carré du rayon.

3° On connait l'arc et le rayon.—On divise alors l'arc par le rayon, on cherche dans la colonne (arc) le nombre qui se rapproche le plus de celui ainsi trouvé, puis on lit le nombre correspondant dans la colonne segment et on multiplie ce nombre par le carré du rayon.

4° On connait la corde et la flèche.—On fait alors le carré de la demi-corde, puis le carré de la flèche, on additionne ces deux carrés. On divise la somme ainsi trouvée par la flèche, le quotient obtenu est le diamètre. En prenant la moitié du diamètre on obtient le rayon, puis on procède comme il a été dit lorsque l'on connait, soit la corde et le rayon, soit la flèche et le rayon.

Ex. On demande la surface d'un segment, la longueur de l'arc et le nom re de degrés, sachant que la flèche est de 6″ et la corde de 18″ ?

Le carré de la flèche 6 est 36, le carré de la demi-corde $\frac{18}{2} = 9$ est 81, la somme des deux carrés $= 81 + 36 = 117$, divisant 117 par la flèche 6 on trouve 19.50 pour diamètre ou 9.75 pour rayon ; divisant ensuite la corde 18 par le rayon 9.75 on trouve 1.846. Cherchant dans la colonne corde le nombre se rapprochant le plus de 1.846 on lit 1.8478 (page 30) correspondant à 135°. Multipliant le nombre de la colonne arc 2.3562 par le rayon 9.75 on obtient 22,97 pour valeur de l'arc, puis multipliant le nombre de la colonne (segment) 0.82454 par le carré du rayon $9.75^2 = 95.06$ on trouve 78,38 pour surface du segment.

Degrés	Arcs.	Cordes.	Flèches.	Surface des segments.	Degrés.	Arcs.	Cordes.	Flèches.	Surface des segments
1	0,0175	0,0175	0,00004	0,00000	46	0,8029	0,7815	0,0795	0,04176
2	0,0349	0,0349	0,00015	0,00000	47	0,8203	0,7975	0,0829	0,04448
3	0,0524	0,0524	0,00034	0,00001	48	0,8378	0,8135	0,0865	0,04781
4	0,0698	0,0698	0,00061	0,00003	49	0,8552	0,8294	0,0900	0,05025
5	0,0873	0,0872	0,00095	0,00006	50	0,8727	0,8452	0,0937	0,05331
6	0,1047	0,1047	0,00137	0,00010	51	0,8901	0,8610	0,0974	0,05649
7	0,1222	0,1221	0,00187	0,00015	52	0,9076	0,8767	0,1012	0,05978
8	0,1396	0,1395	0,00244	0,00023	53	0,9250	0,8924	0,1051	0,06319
9	0,1571	0,1569	0,00308	0,00032	54	0,9425	0,9080	0,1090	0,06673
10	0,1745	0,1743	0,00381	0,00044	55	0,9599	0,9235	0,1130	0,07039
11	0,1920	0,1917	0,00460	0,00059	56	0,9774	0,9389	0,1171	0,07417
12	0,2094	0,2091	0,00548	0,00076	57	0,9948	0,9543	0,1212	0,07808
13	0,2269	0,2264	0,00643	0,00097	58	1,0123	0,9696	0,1254	0,08212
14	0,2443	0,2437	0,00745	0,00121	59	1,0297	0,9848	0,1296	0,08629
15	0,2618	0,2611	0,00856	0,00149	60	1,0472	1,0000	0,1340	0,09059
16	0,2793	0,2783	0,00973	0,00181	61	1,0647	1,0151	0,1384	0,09502
17	0,2967	0,2956	0,01098	0,00217	62	1,0821	1,0301	0,1428	0,09958
18	0,3142	0,3129	0,01231	0,00257	63	1,0996	1,0450	0,1474	0,10428
19	0,3316	0,3301	0,01371	0,00302	64	1,1170	1,0598	0,1520	0,10911
20	0,3491	0,3473	0,01519	0,00352	65	1,1345	1,0746	0,1566	0,11408
21	0,3665	0,3645	0,01675	0,00408	66	1,1519	1,0893	0,1613	0,11919
22	0,3840	0,3816	0,01837	0,00468	67	1,1694	1,1039	0,1661	0,12443
23	0,4014	0,3987	0,02008	0,00535	68	1,1868	1,1184	0,1710	0,12982
24	0,4189	0,4158	0,02185	0,00607	69	1,2043	1,1328	0,1759	0,13535
25	0,4363	0,4329	0,02370	0,00686	70	1,2217	1,1472	0,1808	0,14102
26	0,4538	0,4499	0,02563	0,00771	71	1,2392	1,1614	0,1859	0,14683
27	0,4712	0,4669	0,02763	0,00862	72	1,2566	1,1756	0,1910	0,15279
28	0,4887	0,4838	0,02969	0,00961	73	1,2741	1,1896	0,1961	0,15889
29	0,5061	0,5008	0,03185	0,01067	74	1,2915	1,2036	0,2014	0,16514
30	0,5236	0,5176	0,03407	0,01180	75	1,3090	1,2175	0,2066	0,17154
31	0,5411	0,5345	0,03637	0,01301	76	1,3265	1,2313	0,2120	0,17808
32	0,5585	0,5512	0,03874	0,01429	77	1,3439	1,2450	0,2174	0,18477
33	0,5760	0,5680	0,04118	0,01566	78	1,3614	1,2586	0,2229	0,19160
34	0,5934	0,5847	0,04370	0,01711	79	1,3788	1,2722	0,2284	0,19859
35	0,6109	0,6014	0,04628	0,01864	80	1,3963	1,2856	0,2340	0,20573
36	0,6283	0,6180	0,04894	0,02027	81	1,4137	1,2989	0,2396	0,21301
37	0,6458	0,6346	0,05168	0,02198	82	1,4312	1,3121	0,2453	0,22045
38	0,6632	0,6511	0,05418	0,02378	83	1,4486	1,3252	0,2510	0,228[illegible]4
39	0,6807	0,6676	0,05736	0,02568	84	1,4661	1,3383	0,2569	0,23578
40	0,6981	0,6840	0,06031	0,02767	85	1,4835	1,3512	0,2627	0,24367
41	0,7156	0,7004	0,06333	0,02976	86	1,5010	1,3640	0,2686	0,25171
42	0,7330	0,7167	0,06642	0,03195	87	1,5184	1,3767	0,2746	0,25990
43	0,7505	0,7330	0,06958	0,03425	88	1,5359	1,3893	0,2807	0,26825
44	0,7679	0,7492	0,07281	0,03664	89	1,5533	1,4018	0,2867	0,27675
45	0,7854	0,7654	0,07612	0,03915	90	1,5708	1,4142	0,2929	0,28540

Degrés	Arcs	Cordes	Flèches	Surface des segments	Degrés	Arcs	Cordes	Flèches	Surface des segments
91	1,5882	1,4265	0,2991	0,29420	136	2,3736	1,8544	0,6254	0,83949
92	1,6057	1,4387	0,3053	0,30316	137	2,3911	1,8608	0,6335	0,85455
93	1,6232	1,4507	0,3116	0,31226	138	2,4086	1,8672	0,6416	0,86971
94	1,6406	1,4627	0,3180	0,32152	139	2,4260	1,8733	0,6498	0,88497
95	1,6580	1,4746	0,3244	0,33093	140	2,4435	1,8794	0,6580	0,90034
96	1,6755	1,4863	0,3309	0,34050	141	2,4609	1,8853	0,6662	0,91580
97	1,6930	1,4979	0,3374	0,35021	142	2,4784	1,8910	0,6744	0,93135
98	1,7104	1,5094	0,3439	0,36008	143	2,4958	1,8966	0,6827	0,94700
99	1,7279	1,5208	0,3506	0,37009	144	2,5133	1,9021	0,6910	0,96274
100	1,7453	1,5321	0,3572	0,38026	145	2,5307	1,9074	0,6993	0,97858
101	1,7628	1,5432	0,3639	0,39058	146	2,5482	1,9126	0,7076	0,99449
102	1,7802	1,5543	0,3707	0,40104	147	2,5656	1,9176	0,7160	1,01050
103	1,7977	1,5652	0,3775	0,41166	148	2,5831	1,9225	0,7244	1,02658
104	1,8151	1,5760	0,3843	0,42242	149	2,6005	1,9273	0,7328	1,04275
105	1,8326	1,5867	0,3912	0,43334	150	2,6180	1,9319	0,7412	1,05900
106	1,8500	1,5973	0,3982	0,44439	151	2,6354	1,9363	0,7496	1,07532
107	1,8675	1,6077	0,4052	0,45560	152	2,6529	1,9406	0,7581	1,09171
108	1,8850	1,6180	0,4122	0,46695	153	2,6704	1,9447	0,7666	1,10818
109	1,9024	1,6282	0,4193	0,47844	154	2,6878	1,9487	0,7750	[illegible]
110	1,9199	1,6383	0,4264	0,49008	155	2,7053	1,9526	0,7836	[illegible]
111	1,9373	1,6483	0,4336	0,50187	156	2,7227	1,9563	0,7921	1,15799
112	1,9548	1,6581	0,4408	0,51379	157	2,7402	1,9598	0,8006	[illegible]
113	1,9722	1,6678	0,4481	0,52586	158	2,7576	[illegible]	0,8092	1,19151
114	1,9897	1,6773	0,4554	0,53807	159	2,7751	1,9665	0,8178	1,20835
115	2,0071	1,6868	0,4627	0,55041	160	2,7925	1,9696	0,8264	[illegible]
116	2,0246	1,6961	0,4701	0,56289	161	2,8100	1,9726	0,8350	1,24221
117	2,0420	1,7053	0,4775	0,57551	162	[illegible]	1,9754	0,8436	1,25921
118	2,0595	1,7143	0,4850	0,58827	163	2,8449	1,9780	0,8522	[illegible]
119	2,0769	1,7233	0,4925	0,60116	164	2,8623	1,9805	0,8608	[illegible]
120	2,0944	1,7321	0,5000	0,61418	165	2,8798	1,9829	0,8695	1,31049
121	2,1118	1,7407	0,5076	0,62734	166	2,8972	1,9851	0,8781	1,32766
122	2,1293	1,7492	0,5152	0,64063	167	2,9147	1,9871	0,8868	1,34487
123	2,1468	1,7576	0,5228	0,65404	168	[illegible]	1,9890	0,8955	1,36212
124	2,1642	1,7659	0,5305	0,66759	169	2,9496	1,9908	0,9042	1,37940
125	2,1817	1,7740	0,5388	0,68125	170	2,9671	1,9924	0,9128	1,39671
126	2,1991	1,7820	0,5460	0,69505	171	2,9845	1,9938	0,9215	1,41404
127	2,2166	1,7899	0,5538	0,70897	172	3,0020	1,9951	0,9302	1,43140
128	2,2340	1,7976	0,5616	0,72301	173	3,0194	1,9963	0,9390	1,44878
129	2,2515	1,8052	0,5695	0,73716	174	3,0369	1,9973	0,9477	1,46617
130	2,2689	1,8126	0,5774	0,75144	175	3,0543	1,9981	0,9564	1,48359
131	2,2864	1,8199	0,5853	0,76584	176	3,0718	1,9988	0,9651	1,50101
132	2,3038	1,8271	0,5933	0,78034	177	3,0892	1,9993	0,9738	1,51845
133	2,3213	1,8341	0,6013	0,79497	178	3,1067	1,9997	0,9825	1,53589
134	2,3387	1,8410	0,6093	0,80970	179	3,1241	1,9999	0,9913	1,55334
135	2,3562	1,8478	0,6173	0,82454	180	3,1416	2,0000	1,0000	1,57080

TABLE DES CIRCONFÉRENCES ET DES SURFACES DES CERCLES.

Diamètre.	Longueur de la circonférence.	Surface du cercle.	Diamètre.	Longueur de la circonférence.	Surface du cercle.
1/16	1.19635	0.00307	3 1/4	10.2102	8.2958
1/8	0.3927	0.01227	3 3/8	10.6029	8.9462
3/16	0.58905	0.27610	3 1/2	10.9956	9.6211
1/4	0.78540	0.04909	3 5/8	11.3883	10.321
5/16	0.98175	0.07670	3 3/4	11.7810	11.045
3/8	1.1781	0.11045	3 7/8	12.1737	11.793
7/16	1.3745	0.15033	4	12 5664	12.566
1/2	1.5708	0.19635	1/8	12.9591	13.364
9/16	1.7672	0.24850	1/4	13 3518	14.786
5/8	1.9634	0.3068	3/8	13.7445	15.033
11/16	2 1598	0.3712	1/2	14.1372	15.904
3/4	2.3562	0.4418	5/8	14.5299	16.800
13/16	2.5525	0.5185	3/4	14.9226	17.721
7/8	2.7489	0.6013	7/8	15.3153	18.665
15/16	2.9452	0.6903	5	15 7080	19.635
1″	3.1416	0.7854	1/8	16.1007	20.629
1″ 1/8	3.5343	0.9940	1/4	16.4934	21.648
1″ 1/4	3.9270	1.2272	3/8	16.8861	22.691
1″ 3/8	4 3197	1.4849	1/2	17.2788	23.758
1 1/2	4.7124	1.7671	5/8	17.6715	24.850
1 5/8	5.1058	2.0739	3/4	18.0642	25 967
1 3/4	5.4971	2.4053	7/8	18 4569	27.109
1 7/8	5.8905	2.7612	6	13.8496	28.274
2	6.2832	3.1416	6 1/8	19.2423	29.465
2 1/8	6.6754	3.5466	1/4	19.6350	30.680
2 1/4	7.0686	3.9761	3/8	20.0277	31.919
2 3/8	7.4613	4.4301	1/2	20.4204	33.183
2 1/2	7.8540	4.9087	5/8	20.8131	34.472
2 5/8	8.2467	5.4119	3/4	21.2058	35.857
2 3/4	8.6394	5.9396	7/8	21.5984	37.122
2 7/8	9.0321	6.4918	7	21.9911	38.485
3	9,4248	7.0686	1/4	22.3838	39.871
3 1/8	9.8175	7.6699	1/8	22.7765	41.282

TABLE DES CIRCONFÉRENCES ET DES SURFACES DES CERCLES.

Diamètre.	Longueur de la circonférence.	Surface du cercle.	Diamètre.	Longueur de la circonférence.	Surface du cercle.
7 $\frac{3}{8}$	23.1692	42.718	11 $\frac{3}{8}$	35.7356	101.62
$\frac{1}{2}$	23.5619	44.179	$\frac{1}{2}$	36.1283	103.87
$\frac{5}{8}$	23.9546	45.664	$\frac{5}{8}$	36.5210	106.14
$\frac{3}{4}$	24.3473	47.173	$\frac{3}{4}$	36.9137	108.43
$\frac{7}{8}$	24.7400	48.707	$\frac{7}{8}$	37.3064	110.75
8	25.1327	50.265	12	37.6991	113.10
$\frac{1}{8}$	25.5254	51.849	$\frac{1}{8}$	38.0918	115.47
$\frac{1}{4}$	25.9181	53 456	$\frac{1}{4}$	38 4845	117.86
$\frac{3}{8}$	26.3108	55.088	$\frac{3}{8}$	38.8772	120.28
$\frac{1}{2}$	26.7035	56.745	$\frac{1}{2}$	39.2699	122.72
$\frac{5}{8}$	27.0962	58,426	$\frac{5}{8}$	39.6626	125.19
$\frac{3}{4}$	27.4889	60.132	$\frac{3}{4}$	40.0553	127.68
$\frac{7}{8}$	27.8816	61.862	$\frac{7}{8}$	40.4480	130 19
9	28.2743	63.617	13	40.8407	132.73
$\frac{1}{8}$	28.6670	65 397	$\frac{1}{8}$	41.2334	135.30
$\frac{1}{4}$	29.0597	67.201	$\frac{1}{4}$	41.6261	137.89
$\frac{3}{8}$	29.4524	69 029	$\frac{3}{8}$	42.0188	140.50
$\frac{1}{2}$	29.8451	70.882	$\frac{1}{2}$	42.4115	143.14
$\frac{5}{8}$	30.2378	72.760	$\frac{5}{8}$	42.8042	145.80
$\frac{3}{4}$	30.6305	74.662	$\frac{3}{4}$	43.1960	148.49
$\frac{7}{8}$	31.0232	76.589	$\frac{7}{8}$	43.5890	151.20
10	31.4159	78 540	14	43.9823	153.94
$\frac{1}{8}$	31.8086	80.516	$\frac{1}{8}$	44.3750	156.70
$\frac{1}{4}$	32.2013	82 516	$\frac{1}{4}$	44.7677	159.48
$\frac{3}{8}$	32 5940	84.541	$\frac{3}{8}$	45.1604	162.30
$\frac{1}{2}$	32.9867	86.590	$\frac{1}{2}$	45.5531	165.13
$\frac{5}{8}$	33.3794	88.664	$\frac{5}{8}$	45.9458	167.99
$\frac{3}{4}$	33.7720	90.763	$\frac{3}{4}$	46.3385	170.87
$\frac{7}{8}$	34.1648	92.886	$\frac{7}{8}$	46.7312	173.78
11	34.5575	95.033	15	47.1239	176.71
$\frac{1}{8}$	34.9502	97.205	$\frac{1}{8}$	47.5166	179.76
$\frac{1}{4}$	35.3429	99.402	$\frac{1}{4}$	47.9093	182.65

TABLE DES CIRCONFÉRENCES ET DES SURFACES DES CERCLES.

Diamètre.	Longueur de la circonférence.	Surface du cercle.	Diamètre.	Longueur de la circonférence.	Surface du cercle.
15 3/8	.3020	185.66	18 1/2	58.1195	268.80
1/2	48.6947	188.69	5/8	58.5122	272.45
5/8	49.0874	191.75	3/4	58.9949	276.12
3/4	49.4801	194.83	7/8	59.2976	279.81
7/8	49.8728	197.93	19	59.6903	283.53
16	50.2655	201.06	1/8	60.0830	287.27
1/8	50.6582	204.22	1/4	60.4757	291.04
1/4	51.0509	207.39	3/8	60.8684	294.83
3/8	51.4436	210.60	1/2	61.2611	298.65
1/2	51.8363	213.82	5/8	61.6538	302.49
5/8	52.2290	217.08	3/4	62.0465	306.35
3/4	52.6217	220.35	7/8	62.4392	310.24
7/8	53.0144	223.65	20	62.8319	314.16
17	53.4071	226.98	1/8	63.2246	318.10
1/8	53.7998	[illegible]	1/4	63.6173	322.06
1/4	54.1925	[illegible]	3/8	64.0100	326.05
3/8	54.5852	237.10	1/2	64.4026	330.06
1/2	54.9779	240.53	5/8	64.7953	334.10
5/8	55.3706	243.98	3/4	65.1880	338.16
3/4	55.7333	247.45	7/8	65.5807	342.25
7/8	56.1560	250.95	21	65.9734	346.36
18	56.5487	254.47	1/8	66.3661	350.50
1/8	56.9414	258.02	1/4	66.7588	354.66
1/4	57.3341	261.59	3/8	67.1515	358.84
3/8	57.7268	265.18	1/2	67.5442	363.05
			5/8	67.9369	367.28
			3/4	68.3296	371.54
			7/8	68.7223	375.83
			22	69.1150	380.13
			1/8	69.5077	384.46
			1/4	69.9004	388.82
			3/8	70.2931	393.20

TABLE DES CIRCONFÉRENCES ET DES SURFACES DES CERCLES.

Diamètre.	Longueur de la circonférence.	Surface du cercle.		Longueur de la circonférence.	Surface du cercle.
22 1/2	70.6858	397.61	26 1/2	83.2522	551.55
5/8	71.0785	402.04	5/8	83.6449	556.75
3/4	71.4712	406.49	3/4	84.0376	562.00
7/8	71.8639	410.97	7/8	84.4303	567.27
23	72.2566	415.48	27	84.8230	572.56
1/8	72.6493	420.	1/8	85.2157	577.87
1/4	73 0420	424.56	1/4	85.6084	583.21
3/8	73.4347	429.13	3/8	86.0011	588.57
1/2	73.8274	433.74	1/2	86.3938	593.96
5/8	74.2201	438.36	5/8	86.7865	599,37
3/4	74.6128	443.01	3/4	87.1792	604.81
7/8	7 .0055	447.69	7/8	87.5719	610.27
24	75.3982	452.39	28	87.9646	615.75
1/8	75.7909	457.11	1/8	88.3573	621.26
1/4	76.1836	461.86	1/4	88.7500	626.80
3/8	76.5763	466.64	3/8	89 1427	632.36
1/2	76-9690	471.44	1/2	89.5354	637.94
5/8	77.3617	476.26	5/8	89.9281	643.55
3/4	77.7544	481.11	3/4	90.3208	649.18
7/8	78.1471	485.98	7/8	90.7135	654.84
25	78.5398	490.87	29	91.1062	660.52
1/8	78.9325	495.79	1/8	91.4989	666.23
1/4	79.3252	500.74	1/4	91.8916	671.96
3/8	79.7179	505.71	3/8	92,2830	677.71
1/2	80.1106	510.71	1/2	92.6770	683.49
5/8	80.5033	515.72	5/8	93.0697	689.30
3/4	80.8960	520.77	3/4	93.4624	695.13
7/8	81.2887	525.84	7/8	93.8551	700.98
26	81.6814	530.93	30	94.2478	706.86
1/8	82.0741	536.05			
1/4	82.4668	541.19			
3/8	82.8595	546.35			

Lorsque le diamètre d'une circonférence est compris entre deux diamètres donnés dans la table, la circonférence cherchée s'obtient en faisant la somme des deux circonférences correspondantes et en prenant la moitié de cette somme.

Ex. Soit à chercher la circonférence ayant 8″ $\frac{3}{16}$ qui est comprise entre 8″ $\frac{1}{8}$ et 8 $\frac{1}{4}$ pour : 8 $\frac{1}{8}$ on trouve dans la table 25, 5254. et pour 8 $\frac{1}{4}$ on trouve 25, 9181 ; faisant la somme et prenant la moitié on obtient 25, 7218 comme longueur de la circonférence cherchée.

Lorsque le diamètre d'un cercle est compris entre deux diamètres donnés dans la table, pour obtenir l'aire de ce cercle, on fait la somme des aires des deux cercles correspondants, on prend la moitié de cette somme et on en retranche 0. 003, le reste représente l'aire cherchée.

Ex. Soit à chercher l'aire du cercle dont le diamètre est 5″ $\frac{13}{16}$:

5 $\frac{13}{16}$ est compris entre 5″ $\frac{3}{4}$ et 5″ $\frac{7}{8}$;

Pour 5 $\frac{3}{4}$ on trouve comme aire 25. 967 et pour 5″ $\frac{7}{8}$ on trouve 27. 109 ; faisant la somme et prenant la moitié on obtient 26. 538 dont on retranche 0. 003. Le reste 26. 535 est l'aire cherchée.

TABLES TRIGONOMÉTRIQUES

Ces tables donnent les valeurs des lignes trigonométriques pour les angles de 0 à 90° Pour les angles compris entre 0 et 45°, on fait usage de ces tables en allant de haut en bas et de gauche à droite et pour les angles compris entre 45° et 90°, on va de bas en haut et de droite à gauche.

Ex. Quel est le sinus d'un angle de 28° 30' ? On cherche dans la première colonne à gauche correspondant aux sinus 28°, puis sur la première ligne horizontale 30', on lit le nombre correspondant 0.477 (page 38).

Ex. Quelle est la tangente d'un angle de 74° 10' ?

On cherche au bas de la page le titre (tangente) on remonte dans la première colonne à droite et on trouve 74, cherchant ensuite sur la première ligne aubas 10' on lit le nombre correspondant 3.526 (page 37).

Pour les valeurs intermédiaires on procède comme il suit :

Soit à chercher la valeur du sinus d'un angle de 72° 16'

On cherchera comme il a été dit ci-dessus 72° 10' on trouve 0,952. pour 72° 20 on trouverait 0.953. une augmentation de dix minutes donnant une augmentation de 0.001 pour le sinus, un augmentation de 6 minutes donne une augmentation de $\frac{6 \times 0.001}{10} = 0.0006$ ajoutant 0.0006 au nombre précédemment trouvé 0.952, on obtient 0.9526.

Degrés	Tangentes 0′	10′	20′	30′	40′	50′		Degrés	Cotangentes 0′	10′	20′	30′	40′	50′	
0	0,000	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015	89	0	∞	343,8	171,9	114,6	85,94	68,75	89
1	0,017	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	88	1	57,29	49,10	42,96	38,19	34,37	31,24	88
2	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	87	2	28,64	26,43	24,54	22,90	21,47	20,21	87
3	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,067	86	3	19,08	18,07	17,17	16,35	15,60	14,92	86
4	0,070	0,073	0,076	0,079	0,082	0,085	85	4	14,30	13,73	13,20	12,71	12,25	11,83	85
5	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	84	5	11,43	11,06	10,71	10.39	10,08	9,788	84
6	0,105	0,108	0,111	0,114	0,117	0,120	83	6	9,514	9,255	9,010	8,777	8,556	8,345	83
7	0,123	0,126	0,129	0,132	0,135	0,138	82	7	8,144	7,953	7,770	7,596	7,429	7,269	82
8	0,141	0,144	0,146	0,149	0,152	0,155	81	8	7,115	6,968	6,827	6,691	6,561	6,435	81
9	0,158	0,161	0,164	0,167	0,170	0,173	80	9	6,314	6,197	6,084	5,976	5,871	5,769	80
10	0.176	0,179	0,182	0,185	0,188	0,191	79	10	5,671	5,576	5,485	5,396	5,309	5,226	79
11	0,194	0,197	0,200	0.203	0,206	0.210	78	11	5,145	5,066	4,989	4,915	4,843	4,773	78
12	0,213	0,216	0,219	0,222	0,225	0,228	77	12	4.705	4,638	4,574	4,511	4,449	4,390	77
13	0.231	0,234	0,237	0.240	0,243	0,246	76	13	4,331	4,275	4,219	4,165	4,113	4,061	76
14	0,249	0,252	0,256	0,259	0,262	0,265	75	14	4,011	3,962	3,914	3,867	3,821	3,776	75
15	0,268	0,271	0,274	0,277	0.280	0.284	74	15	3,732	3,689	3,647	3,606	3,566	3,526	74
16	0,287	0.290	0,293	0,296	0,299	0,303	73	16	3,487	3,450	3.412	3,376	3,340	3,305	73
17	0,306	0,309	0,312	0,315	0,318	0,322	72	17	3,271	3,237	3,204	3,172	3,140	3,108	72
18	0,325	0,328	0,331	0,335	0,338	0,341	71	18	3,078	3,047	3,018	2,989	2,960	2,932	71
19	0,344	0,348	0,351	0,354	0,357	0,361	70	19	2,904	2,877	2,850	2,824	2,798	2,773	70
20	0.364	0.367	0,371	0,374	0,377	0,381	69	20	2,747	2,723	2,699	2,675	2,651	2,628	69
21	0,384	0,387	0,391	0,391	0,397	0,401	68	21	2,605	2,583	2,560	2,539	2,517	2,496	68
22	0.404	0,407	0,411	0.414	0,418	0,421	67	22	2,475	2,455	2,434	2,414	2,394	2.375	67
23	0,424	0,428	0,431	0,435	0,438	0,442	66	23	2,356	2,337	2.318	2,300	2,282	2,264	66
24	0,445	0,449	0,452	0,456	0,459	0,463	65	24	2,246	2,229	2,211	2,194	2,177	2,161	65
25	0.466	0,470	0,473	0,477	0,481	0,484	64	25	2,145	2,128	2,112	2,097	2,081	2,066	64
26	0,488	0,491	0,495	0.499	0,502	0,506	63	26	2,050	2,035	2,020	2,006	1,991	1,977	63
27	0,510	0,513	0,517	0.521	0,524	0,528	62	27	1,963	1,949	1,935	1,921	1,907	1,894	62
28	0,532	0,535	0,539	0,543	0,547	0,551	61	28	1,881	1,868	1,855	1,842	1,829	1,816	61
29	0,554	0,558	0,562	0,566	0,570	0,573	60	29	1,804	1,792	1,780	1,767	1,756	1,744	60
30	0,577	0,581	0,585	0,589	0,593	0,597	59	30	1,732	1,720	1,709	1,698	1,686	1,675	59
31	0,601	0,605	0,609	0,613	0,617	0,621	58	31	1,664	1,653	1,643	1,632	1,621	1,611	58
32	0,625	0,629	0,633	0,637	0,641	0,645	57	32	1,600	1,590	1,580	1,570	1,560	1,550	57
33	0,649	0,654	0,658	0,662	0,666	0,670	56	33	1,540	1,530	1,520	1,511	1,501	1,492	56
34	0,675	0,679	0,683	0,687	0,692	0,696	55	34	1,483	1,473	1,464	1,455	1,446	1,437	55
35	0,700	0,705	0,709	0,713	0,718	0,722	54	35	1,428	1,419	1,411	1,402	1,393	1,385	54
36	0,727	0,731	0,735	0,740	0,744	0,749	53	36	1,376	1,368	1,360	1,351	1.343	1,335	53
37	0,754	0,758	0,763	0,767	0,772	0,777	52	37	1,327	1,319	1,311	1,303	1,295	1,288	52
38	0,781	0,786	0,791	0,795	0,800	0,805	51	38	1,280	1,272	1,265	1,257	1,250	1,242	51
39	0,810	0,815	0,819	0,824	0,829	0,834	50	39	1,235	1,228	1,220	1,213	1,206	1,199	50
40	0,839	0,844	0,849	0,854	0,859	0,864	49	40	1,192	1,185	1,178	1,171	1,164	1,157	49
41	0,869	0,874	0,880	0,885	0,890	0,895	48	41	1,150	1,144	1,137	1,130	1,124	1,117	48
42	0,900	0,906	0,911	0,916	0,922	0,927	47	42	1,111	1,104	1,098	1,091	1,085	1,079	47
43	0,933	0,938	0,943	0,949	0.955	0,960	46	43	1.072	1,066	1,060	1,054	1,048	1,042	46
44	0,966	0,971	0,977	0,983	0.988	0,994	45	44	1,036	1,030	1,024	1,018	1,012	1,006	45
45	1,000						44	45	1,000						44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	Degrés		60′	50′	40′	30′	20′	10′	Degrés
	Cotangentes								Tangentes						

Degrés	Sinus 0′	10′	20′	30′	40′	50′		Degrés	Cosinus 0′	10′	20′	30′	40′	50′	
0	0,000	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015	89	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	89
1	0,017	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	88	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	88
2	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	87	2	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	87
3	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,067	86	3	0,999	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	86
4	0,070	0,073	0,076	0,078	0,081	0,084	85	4	0,998	0,997	0,997	0,997	0,997	0,996	85
5	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	84	5	0,996	0,996	0,996	0,995	0,995	0,995	84
6	0,105	0,107	0,110	0,113	0,116	0,119	83	6	0,995	0,994	0,994	0,994	0,993	0,993	83
7	0,122	0,125	0,128	0,131	0,133	0,136	82	7	0,993	0,992	0,992	0,991	0,991	0,991	82
8	0,139	0,142	0,145	0,148	0,151	0,154	81	8	0,990	0,990	0,989	0,989	0,989	0,988	81
9	0,156	0,159	0,162	0,165	0,168	0,171	80	9	0,988	0,987	0,987	0,986	0,986	0,985	80
10	0,174	0,177	0,179	0,182	0,185	0,188	79	10	0,985	0,984	0,984	0,983	0,983	0,982	79
11	0,191	0,194	0,197	0,199	0,202	0,205	78	11	0,982	0,981	0,981	0,980	0,979	0,979	78
12	0,208	0,211	0,214	0,216	0,219	0,222	77	12	0,978	0,978	0,977	0,976	0,976	0,975	77
13	0,225	0,228	0,231	0,233	0,236	0,239	76	13	0,974	0,974	0,973	0,972	0,972	0,971	76
14	0,242	0,245	0,248	0,250	0,253	0,256	75	14	0,970	0,970	0,969	0,968	0,967	0,967	75
15	0,259	0,262	0,264	0,267	0,270	0,273	74	15	0,966	0,965	0,964	0,964	0,963	0,962	74
16	0,276	0,278	0,281	0,284	0,287	0,290	73	16	0,961	0,960	0,960	0,959	0,958	0,957	73
17	0,292	0,295	0,298	0,301	0,303	0,306	72	17	0,956	0,955	0,955	0,954	0,953	0,952	72
18	0,309	0,312	0,315	0,317	0,320	0,323	71	18	0,951	0,950	0,949	0,948	0,947	0,946	71
19	0,326	0,329	0,331	0,334	0,337	0,339	70	19	0,946	0,945	0,944	0,943	0,942	0,941	70
20	0,342	0,345	0,347	0,350	0,353	0,356	69	20	0,940	0,939	0,938	0,937	0,936	0,935	69
21	0,358	0,361	0,364	0,367	0,369	0,372	68	21	0,934	0,933	0,931	0,930	0,929	0,928	68
22	0,375	0,377	0,380	0,383	0,385	0,388	67	22	0,927	0,926	0,925	0,924	0,923	0,922	67
23	0,391	0,393	0,396	0,399	0,401	0,404	66	23	0,921	0,919	0,918	0,917	0,916	0,915	66
24	0,407	0,409	0,412	0,415	0,417	0,420	65	24	0,914	0,912	0,911	0,910	0,909	0,908	65
25	0,423	0,425	0,428	0,431	0,433	0,436	64	25	0,906	0,905	0,904	0,903	0,901	0,900	64
26	0,438	0,441	0,444	0,446	0,449	0,451	63	26	0,899	0,898	0,896	0,895	0,894	0,892	63
27	0,454	0,457	0,459	0,462	0,464	0,467	62	27	0,891	0,890	0,888	0,887	0,886	0,884	62
28	0,469	0,472	0,475	0,477	0,480	0,482	61	28	0,883	0,882	0,880	0,879	0,877	0,876	61
29	0,485	0,487	0,490	0,492	0,495	0,497	60	29	0,875	0,873	0,872	0,870	0,869	0,867	60
30	0,500	0,503	0,505	0,508	0,510	0,513	59	30	0,866	0,865	0,863	0,862	0,860	0,859	59
31	0,515	0,518	0,520	0,522	0,525	0,527	58	31	0,857	0,856	0,854	0,853	0,851	0,850	58
32	0,530	0,532	0,535	0,537	0,540	0,542	57	32	0,848	0,847	0,845	0,843	0,842	0,840	57
33	0,545	0,547	0,550	0,552	0,554	0,557	56	33	0,839	0,837	0,835	0,834	0,832	0,831	56
34	0,559	0,562	0,564	0,566	0,569	0,571	55	34	0,829	0,827	0,826	0,824	0,822	0,821	55
35	0,574	0,576	0,578	0,581	0,583	0,585	54	35	0,819	0,817	0,816	0,814	0,812	0,811	54
36	0,588	0,590	0,592	0,595	0,597	0,599	53	36	0,809	0,807	0,806	0,804	0,802	0,800	53
37	0,602	0,604	0,606	0,609	0,611	0,613	52	37	0,799	0,797	0,795	0,793	0,792	0,790	52
38	0,616	0,618	0,620	0,623	0,625	0,627	51	38	0,788	0,786	0,784	0,783	0,781	0,779	51
39	0,629	0,632	0,634	0,636	0,638	0,641	50	39	0,777	0,775	0,773	0,772	0,770	0,768	50
40	0,643	0,645	0,647	0,649	0,652	0,654	49	40	0,766	0,764	0,762	0,760	0,759	0,757	49
41	0,656	0,658	0,660	0,663	0,665	0,667	48	41	0,755	0,753	0,751	0,749	0,747	0,745	48
42	0,669	0,671	0,673	0,676	0,678	0,680	47	42	0,743	0,741	0,739	0,737	0,735	0,733	47
43	0,682	0,684	0,686	0,688	0,690	0,693	46	43	0,731	0,729	0,727	0,725	0,723	0,721	46
44	0,695	0,697	0,699	0,701	0,703	0,705	45	44	0,719	0,717	0,715	0,713	0,711	0,709	45
45	0,707						44	45	0,707						44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	Degrés		60′	50′	40′	30′	20′	10′	Degrés
	Cosinus								Sinus						

TABLE DES LOGARITHMES OU LOG. HYPERBOLIQUES DES NOMBRES ENTIERS DE 1 à 100.

Nombre.	Logarithmes Décimaux.	Nombre.	Logarithmes. Décimaux.	Nombre.	Logarithmes Décimaux.
1	0,00000	35	1,54407	69	1,83885
2	0,30103	36	1,55630	70	1,84510
3	0,47712	37	1,56820	71	1,85126
4	0,60206	38	1,57978	72	1,85733
5	0,69897	39	1,59106	73	1,86332
6	0,77815	40	1,60206	74	1,86923
7	0,84510	41	1,61278	75	1,97506
8	0,90309	42	1,62325	76	1,88081
9	0,95423	43	1,63347	77	1,88649
10	1,00000	44	1,64345	78	1,89209
11	1,04139	45	1.65321	79	1,89763
12	1,07918	46	1,66276	80	1,90309
13	1,11394	47	1,67210	81	1,90849
14	1,14613	48	1,68124	82	1,91381
15	1,17609	49	1,69020	83	1,91908
16	1,20412	50	1,69897	84	1,92423
17	1,23045	51	1,70757	85	1,92942
18	1,25527	52	1,71600	86	1,93450
19	1,27875	53	1,72428	87	1,93952
20	1,30103	54	1,73239	88	1,94448
21	1,32222	55	1,74036	89	1,94939
22	1,34242	56	1,74819	90	1,95424
23	1,36173	57	1,75587	91	1,95904
24	1,38021	58	1,76343	92	1,96379
25	1,39794	59	1,77085	93	1,96848
26	1,41497	60	1,77815	94	1,97313
27	1,43136	61	1,78533	95	1,97772
28	1,44716	62	1,79239	96	1,98227
29	1,46240	63	1,79934	97	1,98677
30	1,47712	64	1,80618	98	1,99123
31	1,49136	65	1,81291	99	1,99564
32	1,50515	66	1.81954	100	2,00000
33	1,51851	67	1,82607		
34	1,53148	68	1,83251		

LOGARITHMES DES NOMBRES DE 100 A 1000.

No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diff.
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	40
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	37
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	33
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	31
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	29
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	27
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	25
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	24
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	23
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	21
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	21
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	20
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	19
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	18
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	17
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	17
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	16
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	16
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	15
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	14
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	14
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	13
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	13
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	13
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	13
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	12
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	12
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	12
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	12
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	11
No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diff.

LOGARITHMES DES NOMBRES DE 100 A 1000.

No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diff.
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	11
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	10
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	10
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	10
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	10
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	10
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	9
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	9
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	9
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	9
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	8
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	8
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	8
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	8
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	8
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	8
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	8
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	7
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	7
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	7
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	7
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	7
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	6
No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diff.

LOGARITHMES DES NOMBRES DE 100 A 1000.

No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diff.
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	7
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	6
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	6
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	6
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	6
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	6
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	6
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	6
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	6
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	6
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	5
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	5
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	5
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	5
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	5
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	5
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	4
No.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Diff.

USAGE DES TABLES DE LOGARITHMES.
(100 à 1000).

Dans les tables précédentes, la partie entière du logarithme ou caractéristique a été omise. Cette caractéristique est égale au nombre des chiffres de la partie entière diminué de 1. Pour trouver le logarithme de 745 par exemple on cherchera 74 dans la première colonne à gauche puis 5 dans la première ligne horizontale, on trouvera comme correspondant 8722. Le nombre 745 ayant trois chiffres entiers la caractéristique sera 3—1 et 2,8722 sera le logarithme cherché.

Soit encore à trouver le logarithme de 24.5. On cherchera comme il vient d'être dit le logarithme de 245 ; on trouve 3892, le nombre des chiffres entiers étant 2, la caractéristique sera 1, et le logarithme cherché sera 1,3892.

La colonne différence permet de trouver le logarithme d'un nombre de 4 chiffres.

Soit à chercher le logarithme de 5454 on cherchera le log. de 545, on trouve 7364. Le chiffre 8 placé sur la même ligne représente la différence entre le logarithme de 545 et celui de 546. Cette différence divisée par 10 et multipliée par le chiffre 4 qui n'a pas été pris donne 3.2 qu'il faut ajouter à 7364. La caractéristique dans ce cas étant 3, le logarithme cherché sera 3,7367 (en négligeant le 5me chiffre 2).

Propriétés des logarithmes. — Celles dont on fait le plus souvent usage sont résumées dans les formules suivantes:

$$\log ab = \log a + \log b.$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b.$$

$$\log a^b = b \log a.$$

$$\log \sqrt[b]{a} = \frac{\log a}{b}$$

B. Table des log rithmes naturels de1,00 à10

N	log nat.	N.	log nat.	N.	log nat	N	log nat.	N.	log nat.
1,00	0,0000	2,25	0,8109	3,50	1,2528	4,75	1,5581	6,00	1,7918
1,05	0,0488	2,30	0,8329	3,55	1,2669	4,80	1,5686	6,10	1,8083
1,10	0,0953	2,35	0,8544	3,60	1,2809	4,85	1,5790	6,20	1,8245
1,15	0,1398	2,40	0,8755	3,65	1,2947	4,90	1,5892	6,30	1,8405
1,20	0,1823	2,45	0,8961	3,70	1,3083	4,95	1,5994	6,40	1,8563
1,25	0,2231	2,50	0,9163	3,75	1,3218	5,00	1,6094	6,50	1,8718
1,30	0,2624	2,55	0,9361	3,80	1,3350	5,05	1,6194	6,60	1,8871
1,35	0,3001	2,60	0,9555	3,85	1,3481	5,10	1,6292	6,70	1,9021
1,40	0,3365	2,65	0,9746	3,90	1,3610	5,15	1,6390	6,80	1,9169
1,45	0,3716	2,70	0,9933	3,95	1,3737	5,20	1,6487	6,90	1,9315
1,50	0,4055	2,75	1,0116	4,00	1,3863	5,25	1,6582	7,00	1,9459
1,55	0,4383	2,80	1,0296	4,05	1,3987	5,30	1,6677	7,20	1,9741
1,60	0,4700	2,85	1,0473	4,10	1,4110	5,35	1,6771	7,40	2,0015
1,65	0,5008	2,90	1,0647	4,15	1,4231	5,40	1,6864	7,60	2,0281
1,70	0,5306	2,95	1,0818	4,20	1,4351	5,45	1,6956	7,80	2,0541
1,75	0,5596	3,00	1,0986	4,25	1,4469	5,50	1,7047	8,00	2,0794
1,80	0,5878	3,05	1,1154	4,30	1,4586	5,55	1,7138	8,20	2,1041
1,85	0,6152	3,10	1,1314	4,35	1,4701	5,60	1,7228	8,40	2,1282
1,90	0,6419	3,15	1,1474	4,40	1,4816	5,65	1,7317	8,60	2,1518
1,95	0,6678	3,20	1,1632	4,45	1,4929	5,70	1,7405	8,80	2,1748
2,00	0,6931	3,25	1,1187	4,50	1,5041	5,75	1,7492	9,00	2,1972
2,05	0,7178	3,30	1,1939	4,55	1,5151	5,80	1,7579	9,25	2,2246
2,10	0,7419	3,35	1,2090	4,60	1,5261	5,85	1,7664	9,50	2,2513
2,15	0,7655	3,40	1,2238	4,65	1,5369	5,90	1,7750	9,75	2,2773
2,20	0,7885	3,45	1,2384	4,70	1,5476	5,95	1,7834	10,00	2,3026

POIDS MÉTRIQUES.

Dénomination.	Valeur en Grammes.	Equivalents. En livres et décimales de livres avoir-du-poids.	Equivalents. En grains de Troy.	Remarques.
Gramme........	1	.002204	15.4323487	Le gramme est l'unité réelle et le poids d'un cent'être cube d'eau distillée Parfois appelé le tonneau métrique.
Décagramme...	10	.022046		
Hectogramme.	100	.220462		
Kilogramme...	1000	2.204621		
Myriagramme.	10000	22.046212		
Quintal..........	100000	220.46212		
Millier...	1000000	2204.6212	....	
Décigramme...	$\frac{1}{10}$	....	1.543235	
Centigramme..	$\frac{1}{100}$	....	.1543235	
Milligramme...	$\frac{1}{1000}$	....	.0154323	

MESURES MÉTRIQUES DE CAPACITÉ.

Dénomination.	Valeur en Litres.	Equivalents. Centimètres cubes.	Equivalents. En gallons et décimales de gal. Gal. Imp.	
Litre..............	1	1,000	.2202	.8809 d'une [pinte.
Décalitre........	10	10,000	2.2025	
Hectolitre......	100	100,000	22.0244	2.753 boisseaux
Kilolitre........	1000	1,000,000	220.2443	27.53 do.
Décilitre.........	$\frac{1}{10}$	100	.0220	
Centilitre........	$\frac{1}{100}$	10	.0022	

MESURES MÉTRIQUES DE LONGUEUR.

Dénomination.	Valeur en Mètres.	Equivalents canadiens.			
		Pouces	Pieds.	Verges.	Milles.
Mètre.	1	39.382	3.28183	1.09394	
Décamètre......	10	....	32.81833	10.93944	
Hectomètre.....	100	....	328.18333	109.39444	
Kilomètre.......	1000	....	3281.83333	1093.9444	0.6212
Décimètre.......	$\frac{1}{10}$	3.938	.32818	.10939	
Centimètre......	$\frac{1}{100}$	.3938	.032818	.010939	
Millimètre......	$\frac{1}{1000}$	.03938	.003282	.001094	

MESURES MÉTRIQUES DE SURFACE.

Dénomination.	Valeur en mètres carrés.	Valeur en mesures anglaises.	
Kilomètre carré......	1000000	0.386	milles.
Hectomètre carré.....	10000	11960.	Vges Car.
Décamètre carré......	100	119.60	Vges Car.
Mètre carré.............	1	1.196	Vges Car.
Décimètre carré.......	$\frac{1}{100}$	15.50	Po. Carr.
Centimètre carré	$\frac{1}{10000}$	0.1550	Po. Carr.
Millimètre carré......	$\frac{1}{1000000}$	0.00155	Po. Carr.

MESURES MÉTRIQUES DE SURFACE (Agraires).

Dénomination.	Valeur en ares.	Valeur en mètres carrés.	Valeur en mesures anglaises.
Hectare.........	**100**	**10000**	**2.4710 acres.**
Are...............	**1**	**100**	**119.6 Vges Carr.**
Centiare.........	**$\frac{1}{100}$**	**1**	**10.7639 Pi. Carr.**

MESURES MÉTRIQUES DE VOLUME.

Dénomination.	Valeur en mètres cubes.	Valeur en mesures anglaises.
Mètre cube..........	1	1.3079 V^{ge} cube.
Décimètre cube.....	$\frac{1}{10000}$	0.03531 P^{d} cube.
Centimètre cube...	$\frac{1}{1000000}$	0.0610 P^{ce} cube.

MESURES MÉTRIQUES DE VOLUME.
(BOIS DE CHAUFFAGE).

Dénomination.	Valeur en cordes.	Valeur en mètres cubes.	Valeur en mesures anglaises.
Stère..............	0.275	1	1,3079 V^{ge} cube.



MONNAIES, POIDS ET MESURES.

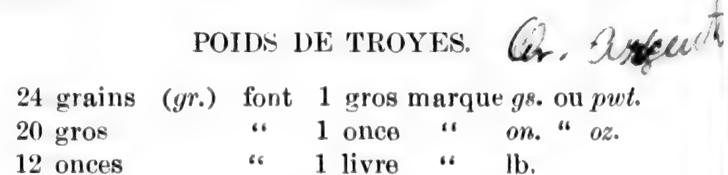
MONNAIES STERLING.

4	farthings (*qr.* ou *far.*)	font	1	penny, *ou* denier, marqué	*d.*
12	pence *ou* deniers	"	1	schelling "	*s.*
20	schellings	"	1	louis "	£.
21	schellings	"	1	guinée "	G.

POIDS AVOIR-DU-POIDS.

16	dragmes	(*dr.*)	font	1	once	marqué *on.* ou *oz.*
16	onces		"	1	livre	" *lb.*
28	livres		"	1	qrt. de quint.	" *qr.*
4	quarts ou 112 livres		"	1	quintal	" *qtl.* ou *cwt.*
20	quintaux		"	1	tonneau	" *ton* ou *T.*

POIDS DE TROYES.



24	grains	(*gr.*)	font	1	gros	marque	*gs.* ou *pwt.*
20	gros		"	1	once	"	*on.* " *oz.*
12	onces		"	1	livre	"	lb.

POIDS DES PHARMACIENS.

20	grains	(*gr.*)	font	1	scrupule	marqué	*sc.* ou ℈.
3	scrupules		"	1	dragme	"	*dr.* " ʒ.
8	dragmes		"	1	once	"	*oz.* " ℥.
12	onces		"	1	livre	"	*lb.* " lb.

MESURES POUR LE DRAP.

2¼	pouces	font	1	*nail*	*na.*
4	*nails*, ou 9 pouces	"	1	quart de verge.	*qr.*
4	quarts, ou 36 pouces	"	1	verge.	*ver.*
3	quarts, ou ¾ d'une verge	"	1	aune Flamande.	*A. Fl.*
5	quarts, ou 1¼ verge	"	1	aune Anglaise.	*A. A.*
6	quarts, ou 1½ verge	"	1	au Française.	*A. Fr.*

TABLE DES MESURES ANGLAISES.

	1 pouce car. marq.	*po. car.*	0.8767 po fr.
144 pouces carrés font	1 pied " "	*pi. car.*	0.8767 pi. "
9 pieds " "	1 verge " "	*ver.* "	7.8904 " "
30¼ verges " "	1 perche " "	*per.* "	238.6851 " "
40 perches " "	1 vergée "rood"	*R.*	29.4673 per "
4 vergées " "	1 acre " "	*A.*	1.4787 ar. "
640 acres " "	1 mille " "	*M. car.*	754.3629 " "
9 milles " "	1 lieue " "	*L. car.*	0.9622 li. "

TABLE DES ANCIENNES MESURES FRANÇAISES.

	1 pouce carré,	*po. car.*	0.007921 pi. an.
144 pouces carrés font	1 pied "	*pi.* "	1.140624 " "
36 pieds " "	1 toise "	*to.* "	41.062464 " "
9 toises " "	1 perche "	*per.* "	869.562176 " "
100 perches " "	1 arpent "	*arp.* "	36956.2176 " "
7056 arpents " "	1 lieue "	*L.* "	1.089 lieue "

MESURES D'ARPENTEURS.

$7\frac{92}{100}$ pouces	font	1 chaînon (*link*) marqué	*l.*
25 chaînons	"	1 perche "	*per.*
100 chaînons	"	1 chaîne (66 pieds) "	*ch.*
10 chaînes	"	1 furlong "	*fur.*
8 furlongs, ou 80 chaînes,	"	1 mille "	*m.*
10000 chaînons carrés	"	1 chaîne carrée "	*ch. car,*
10 chaînes "	"	1 acre "	*A.*

MESURES CUBIQUES ANGLAISES.

1728 pouces cubes	font	1 pied cube.
27 pieds cubes	"	1 ver. "
40 pieds de bois en grume, ou 50 pieds, bois de refend,	"	1 tonneau,
16 pieds cubes	"	1 pied de corde.
8 pieds de corde, ou 128 pieds cubes	"	1 cor. bois à brûter.

ANCIENNES MESURES CUBIQUES FRANÇAISES.

1728	pouces cubes	font	1 pied cube.
216	pieds cubes	"	1 toise "
1090	pieds cubes français	"	1218.186422 pi. cu. anglais.
1000	toises cubes	"	9745.491456 verges cubes.

MESURES DE CAPACITÉ.

Minot angl. ou de Winchester.				*Mesures Impériales.*			
1 chopine = 33.6003 pou. cub.				1 chopine=34.65925 pou. cub.			
2 chopines	font	1	pinte	2 chopines	font	1	pinte
2 pintes	"	1	pot	4 pintes	"	1	gallon
2 pots	"	1	gallon	2 gallons	"	1	qrt. de min.
8 gallons	"	1	minot	4 quarts	"	1	minot
8 minots	"	1	setier	8 minots	"	1	setier



TABLE DE CONVERSION DES MESURES MÉTRIQUES EN MESURES USUELLES.

Nombre.	Kilogrammes en onces Troy	Grammes en grains.	Kilogrammes en onces avoir du poids.	Kilogrammes en livres avoir du poids.	Tonnes en grosses tonnes	Nombre.	Millimètres en 1/64 de pouces.	Centimètres en pouces.	Mètres en pieds.	Kilomètres en milles.	Nombre.	Centimètres carrés en pouces carrés.	Mètres carrés en pieds carrés.	Mètres carrés en verges carrées.	Hectares en acres.	Kilomètres carrés en milles carrés.
1	32.15	15.43	35.27	2.20462	0.9842	1	2.52	0.3937	3.280833	0.6214	1	0.1550	10.76387	1.196	2.4710	0.386
2	64.30	30.86	70.55	4.40924	1.9684	2	5.04	0.7874	6.561667	1.2427	2	0.3100	21.52774	2.392	4.9421	0.772
3	96.45	46.30	105.82	6.61387	2.9526	3	7.56	1.1811	9.842500	1.8641	3	0.4650	32.29160	3.588	7.4131	1.158
4	128.60	61.73	141.10	8.81849	3.9368	4	10.08	1.5748	13.123334	2.4855	4	0.6200	43.05547	4.784	9.8842	1.544
5	160.75	77.16	176.37	11.02311	4.9210	5	12.60	1.9685	16.404167	3.1068	5	0.7750	53.81934	5.980	12.3552	1.931
6	192.90	92.59	211.64	13.22773	5.9052	6	15.12	2.3622	19.685001	3.7282	6	0.9300	64.58321	7.176	14.8262	2.317
7	225.06	108.03	246.92	15.43236	6.8894	7	17.64	2.7559	22.965834	4.3496	7	1.0850	75.34708	8.372	17.2973	2.703
8	257.21	123.46	282.19	17.63698	7.8737	8	20.16	3.1496	26.246668	4.9710	8	1.2400	86.11094	9.568	19.7683	3.089
9	289.36	138.89	317.47	19.84160	8.8579	9	22.68	3.5433	29.527501	5.5923	9	1.3950	96.87481	10.764	22.2394	3.475

Nombre.	Centimètres cubes en pouces cubes.	Mètres cubes en pieds cubes.	Mètres cubes en verges cubes.	Nombre.	Litres en quarts. U. S.	Litres en gallons. U. S.	Mètres cubes en gallons U. S.	Hectolitres en bushels.	Nombre.	Kil. par mètre en livres par pied.	Kil. par mètre car. en lbs. par pied carré.	Kil. par mètre cube en lb. par pied cube.	Kilogrammètres en livres-pied.	Chev. vap. anglais en che. vap. français.	Kil. par centi. carr. en lb. par pouce carré.	Tonnes par metr. carr. en gro. tonnes par pied carré.
1	0.0610	35.31446	1.3079	1	1.06	0.26417	264.17	2.8377	1	0.6720	0.2048	0.0624	7.2330	0.986	14.2234	0.091
2	0.1220	70.62892	2.6159	2	2.11	0.52834	528.34	5.6755	2	1.3439	0.4096	0.1249	14.4660	1.973	28.4468	0.183
3	0.1831	105.94337	3.9238	3	3.17	0.79251	792.51	8.5132	3	2.0159	0.6145	0.1873	21.6990	2.959	42.6702	0.274
4	0.2441	141.25783	5.2318	4	4.23	1.05668	1056.68	11.3510	4	2.6879	0.8193	0.2497	28.9320	3.945	56.8936	0.366
5	0.3051	176.57229	6.5397	5	5.28	1.32085	1320.85	14.1887	5	3.3599	1.0241	0.3121	36.1650	4.932	71.1170	0.457
6	0.3661	211.88675	7.8477	6	6.34	1.58502	1585.02	17.0265	6	4.0318	1.2289	0.3746	43.3980	5.918	85.3404	0.549
7	0.4272	247.20120	9.1556	7	7.40	1.84919	1849.19	19.8642	7	4.7038	1.4337	0.4370	50.6310	6.904	99.56[illegible]	0.640
8	0.4882	282.51566	10.4635	8	8.45	2.11336	2113.36	22.7019	8	5.3758	1.6385	0.4994	57.8640	7.891	113.7872	0.731
9	0.5492	317.83012	11.7715	9	9.51	2.37753	2377.53	25.5397	9	6.0477	1.8434	0.5619	65.0969	8.877	128.0106	0.823

CONVERSION DES MESURES USUELLES EN MESURES MÉTRIQUES.

Nombre.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Onces Troy en grains.	31.1035	62.2070	93.3104	124.4139	155.5174	186.6209	217.7244	248.8278	279.9313
Grains en milligrammes.	64.7989	129.5978	194.3968	259.1957	323.9946	[illegible]8.7935	[illegible]3.5924	518.3913	583.1903
Onces Av. du poids en grains.	28.3495	56.6991	85.0486	113.3981	141.7476	170.0972	198.4467	226.7962	255.1457
Livres Avoir du Poids en kilogrammes.	0.453359	0.90718	1.36078	1.81437	2.26796	2.72155	3.17515	3.62874	4.08233
Gross. tonnes en tonnes.	1.0160	2.0321	3.0481	4.0642	5.0802	6.0963	7.1123	8.1284	9.1444

Nombre.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/64 de pouce en milimètres	0.40	0.79	1.19	1.59	1.98	2.38	2.78	3.18	3.57
Pouces en centimètres.	2.540	5.080	7.620	10.160	12.700	15.240	17.780	20.320	22.860
Pieds en mètres.	0.304801	0.609601	0.914402	1.219202	1.524003	1.828804	2.133604	2.438405	2.743205
Milles en kilomètres.	1.60093	3.21187	4.82280	6.43374	8.04467	9.65561	11.2654	12.8748	14.4841

Nombre.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pouces carrés en centimètres carrés.	6.4516	12.9033	19.3549	25.8065	32.2581	38.7098	45.1614	51.6130	58.0646
Pieds carrés en mètres carrés.	0.09290	0.18581	0.27871	0.37161	0.46452	0.55742	0.65032	0.74323	0.83613
Verges carrées en mètres carrés.	0.836	1.672	2.508	3.345	4.181	5.017	5.853	6.689	7.525
Acres en hectares.	0.4047	0.8094	1.2141	1.6187	2.0234	2.4281	2.8328	3.2375	3.6422
Milles carrés en kilomètres carrés.	2.590	5.180	7.770	10.360	12.950	15.540	18.130	20.720	23.310

Nombre.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pouces cubes en centimètres cubes.	16.3872	32.7743	49.1615	65.5486	81.9358	[illegible]3.3229	114.7101	131.0972	147.4844
Pieds cubes en mètres cubes.	0.02832	0.05663	0.08495	0.11327	0.14158	0.16990	0.19822	0.22654	0.25485
Verges cubes en mètres cubes.	0.7646	1.5291	2.2937	3.0582	3.8228	4.5874	5.3519	6.1165	6.8810

Nombre.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Quarts (U. S.) en litres.	0.95	1.89	2.84	3.79	4.73	5.68	6.62	7.57	8.52
Gallons (U.S.) en litres)	3.78543	7.57087	11.35630	15.14174	18.92717	22.71260	26.49804	30.28347	34.06891
Gallons en mètres cubes.	0.0038	0.0076	0.0114	0.0151	0.0189	0.0227	0.0265	0.0303	0.0341
Bushels en hectolitres.	0.3524	0.7048	1.0572	1.4096	1.7620	2.1144	2.4667	2.8191	3.1715

Nombre.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lbs. par pd. en kilogram. par mètres.	1.4882	2.9763	4.4645	5.9526	7.4408	8.9290	10.4171	11.9053	13.3935
Lbs. par pied carré en kilo par mètre car.	4.8824	9.7648	14.6472	19.5296	24.4120	29.2945	34.1769	39.0593	43.9417
Lbs. par pied cube en kilog. par mèt. cube.	16.0184	32.0367	48.0551	64.0735	80.0919	96.1102	112.1286	128.1470	144.1653
Livres-pieds en kilogrammètres.	0.13826	0.27651	0.41477	0.55302	0.69128	0.82953	0.96779	1.10604	1.24430
Chev. vapeur U. S. en chevaux métriq.	1.014	2.028	3.042	4.055	5.069	6.083	7.097	8.111	9.125
Lbs. par pce. car. en kil. par centim. carré.	0.0703	0.1406	0.2109	0.2812	0.3515	0.4218	0.4921	0.5625	0.6328
Gro. tonnes par pd. car. en ton. par mèt. carr.	10.937	21.873	32.810	43.746	54.683	65.620	76.556	87.493	98.429

TABLE DE CONVERSION. (Suite).

Nombre.	GALLONS IMPÉR. EN LITRES.	GALLONS U. S. EN LITRES.	LITRES EN GALL. IMPÉR.	LITRES EN GALLONS U.S.
1	4,543458	3,78543	0,22000	0,26417
2	9,086916	7,57087	0,44019	0,52834
3	13,630374	11,35630	0,66028	0,79251
4	18,173832	15,14174	0,88037	1,05668
5	22,717290	18,92717	1,10046	1,32085
6	27,26 748	22,71260	1,32056	1,58502
7	31,804206	26,49804	1,54065	1,84919
8	36,347684	30,28347	1,76074	2,11336
9	40,891122	34,06807	1,98083	2,37753

TABLES DE CONVERSION DES MESURES ANGLAISES EN MESURES FRANÇAISES ET RECIPROQUEMENT.

1o Conversion des mesures anglaises en mesures françaises.

Les tables donnent dans les colonnes respectives, le nombre d'unités françaises correspondant au nombre d'unités anglaises indiqué dans la colonne No.

S'il s'agit par exemple de transformer 6 livres avoir-du-poids en kilogrammes, on cherche dans la colonne livres avoir-du-poids en kilogrammes le nombre correspondant à 6 de la colonne No. et on trouve 2,72155 qui représente le nombre de kilogrammes cherché.

Pour les nombres supérieurs à 9, on procède comme il suit :

Supposons qu'on ait à transformer 548 pieds carrés en mètres carrés. On cherchera dans la colonne (mètres carrés en pieds carrés) le nombre correspondant à 5 de la colonne No. on trouve 0,46452. Si 0.46452 mètre carré correspond à 5 pieds carrés, pour 500 pieds carrés on devra prendre 0.46452 × 100 = 46,452 mètres carrés. De même on cherchera le nombre correspondant à 4, on trouve 0.37161 qui pour 40 donnera 0.37161 × 10 = 3.7161 et enfin le nombre correspondant à 8 = 0.74323. Additionnant 46,457 + 3,7161 + 0.74323 on trouve comme réponse 50,916 en négligeant les unités plus petites.

L'opération se fait d'ailleurs simplement avec un peu d'habitude.

2o Conversion des mesures françaises en mesures anglaises.

On procèdera de la même manière que ci-dessus.

Ex. Transformer 546 mètres carrés en pieds carrés.

En cherchant dans la colonne (mètres carrés en pieds carrés) on trouve pour 5 : 53,81934 qui pour 500 donne 5381.934 pour 4 : 43,05547 qui pour 40 donne 430,5547 et enfin pour 6 : 64.58321. Additionnant on obtient 5877 pieds carrés 572 millièmes.

POIDS D'UN PIED CUBE DE CHACUNE DES SUBSTANCES CI-DESSOUS MENTIONNÉES.

NOMS DES SUBTANCES.	POIDS EN LBS.
Aluminium	162
Anthracite, solide (de Pensylvanie)	93
“ concassée	54
“	58
“	80
Frêne, blanc, américain, sec	83
Asphalte	87
Laiton, (cuivre et zinc) fondu	504
“ laminé	524
Brique pressée, (meilleure)	150
“ dure, commune	125
“ molle, inférieure,	100
Mur en brique, brique pressée	140
“ “ ordinaire	112
Ciment, hydraulique, moulu, améric., Rosendale.	56
“ “ “ “ Louisville,	50
“ “ “ anglais, Portland.	90
Cerisier, sec	42
Châtaignier	41
Glaise, (des potiers) sèche	119
“ en morceaux	63
Charbon, solide, bitumineux	84
“ concassé, “	49
“ en tas	74
Cuivre fondu	542
“ laminé	548
Terre sèche, (sable, glaise et oxyde fer) comm.	76
“ “ “ “ “ légèrem. foul.	95
Terre (en boue)	108

NOMS DES SUBSTANCES.	POIDS EN LBS.
Ebène sèche	76
Orme	35
Verre (à chassis) commun	157
Gneiss	168
Or fondu, pur 24 carats	1204
" pur, martelé	1217
Granit	170
Gravier, (à peu près comme du sable)	90 à 106
Plâtre de Paris	25
Hornblende, noire	203
Glace	58.7
Fer, fondu	450
" (fonte) la plus pure	485
" " ordinaire	480
Ivoire	114
Plomb	711
Bois de gaïac	83
Chaux, moulue, ou en petits morceaux	53
" "	75
" "	66
Pierre à chaux, marbres, (calcaires)	168
Pierre à chaux, marbres, en morceaux	96
Magnésium	109
Acajou, Espagnol sec	53
" Honduras sec	35
Erable sec	49
Maçonnerie, de granit, ou pierre calcaire	165
"	154
" sèche	158
" de grès	144
Mercure à 32 ° Farenheit	849
Mica	183
Mortier sec, durci	103
Boue sèche, durcie	30 à 110
" liquide	120

NOMS DES SUBSTANCES.	POIDS EN LBS
Chêne, sec	59
" blanc, sec	50
" (autres sortes)	32 à 45
Pétrole	55
Pin, blanc, sec.	25
" jaune, du Nord	34
" " " Sud	45
Platine	1342
Quartz, commun, pur	165
Résine	69
Sel, gros, Syracuse N. Y	45
" fin, pour la table, Liverpool	49
Sable, de quartz, pur, sec.	90 à 106
"	99 à 117
" parfaitement mouillé	120 à 140
Grès, à batir	151
Schistes	162
Argent	655
Ardoise	175
Neige, nouvellement tombée	5 à 12
" mouillée par la pluie	15 à 50
Epinette, sèche	25
Acier	490
Soufre	125
Sycomore	37
Goudron	62
Ferblanc, fondu	459
Tourbe	20 à 30
Noyer	38
Eau, de pluie ou distillée à 60 ° Farenheit	$62\frac{1}{3}$
" de mer-	64
Cire des abeilles	60,5
Zinc	437,5

Le bois vert pèse ordinairement de 20°/₀ à 50°/₀ plus que le bois sec.

GLACE ET NEIGE.

Un pied cube de glace à 32° Farenheit pèse 57.5 livres.

Une livre de glace à 32° Farenheit occupe un volume de 0.0174 pied cube ou 30.067 pouces cubes.

Le volume de l'eau à 32° Farenheit est au volume de la glace à 32° Farenheit comme 1,000 est à 1.0855, l'augmentation de volume au passage de l'eau de l'état liquide à l'état solide étant ainsi de plus de $8\frac{1}{2}$ °/o du volume de l'eau.

La densité spécifique de la glace est 0.504 celle de l'ean étant égale à 1 à 62° Farenheit.

La chaleur spécifique de la glace est 0.504 celle de l'eau égale à 1.

Un pied cube de neige nouvellement tombée pèse 5.2 livres.

EAU.

32° Farenheit ou 0° centigrade = le point de congélation à une atmosphère.

39.1° Farenheit ou 4° centigrades correspond à la densité maximum de l'eau.

212° Farenheit ou 100 " = le point d'ébullition à une atmosphère.

Poids d'un pied cube d'eau pure.

A 32°	Farenheit	=	62.418 lbs.
A 39.1°	"	=	62.425 "
A 62	"	=	62.355 "
A 212	"	=	59.640 "

Poids d'un pouce cube d'eau pure.

A 32°	Farenheit	= 0,03612 lbs,	ou	0,5779 oz.
A 39°1	"	= 0,036125 "	"	0,5780 "
A 62°	"	= 0,03608 "	"	0,5773 "
A 212°	"	= 0,03451 "	"	0,5522 "

Une colonne d'eau (à 62° Farenheit) d'un pied de hauteur donne une pression de 0.433 lbs ou 6.928 oz. par pouce carré à la base. Une colonne de 100 pieds de hauteur donne une pression de $43\frac{1}{3}$ par pouce carré à la base.

AIR.

LA PRESSION D'UNE ATMOSPHÈRE EST ÉGALE A

(1) Une colonne d'air à 32° Farenheit de 27801 pieds ou à peu près $5\frac{1}{4}$ milles de hauteur, de densité uniforme, égale à la densité de l'air au niveau de la mer.

(2) Une colonne de mercure de 29,922 pouces de hauteur à 32° Farenheit ; à 62° la colonne à 30 pouces

(3) Une colonne d'eau de 33,947 pieds de hauteur à 62° Farenheit. (presque 34 pieds).

LA PRESSION D'UNE LIVRE PAR POUCE CARRÉ EST ÉGALE A

(1) Une colonne d'air de 1891 pieds de hauteur à 32° Farenheit

(2) Une colonne de mercure de 2,035 pouces de hauteur à 32° Farenheit (2.04 pouces de hauteur. à 62° F.).

(3) Une colonne d'eau de 27 72 pouces de hauteur à 62° Farenheit.

CHAPITRE II.

MÉCANIQUE.

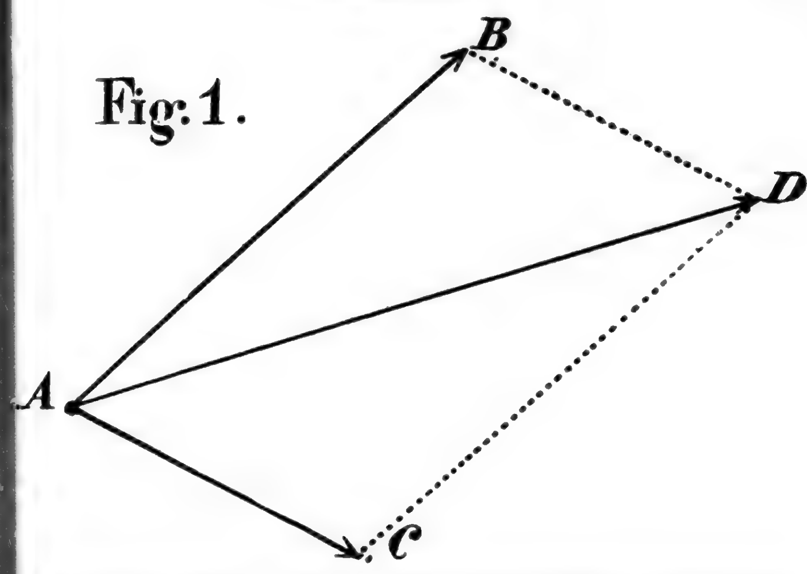
Force.—Une force est déterminée par ses trois éléments : point d'application, direction, intensité. On peut représenter une force par une ligne. Soit, par exemple, à représenter une force de 250 livres appliquée au point A (fig. 1). On mènera une ligne passant par le point A, suivant la direction de la force ; puis en convenant que 1″ représentera 50 livres, on portera sur la ligne à partir du point A une longueur AB égale à 5″, la ligne AB ainsi obtenue représentera la force donnée.

Lorsque plusieurs forces agissant sur un corps peuvent être remplacées par une force unique, on dit qu'elles admettent une résultante. L'opération consistant à remplacer plusieurs forces par leur résultante est appelée composition. On peut également décomposer une force unique en plusieurs autres appelées composantes.

Si plusieurs forces agissant sur un même corps s'annulent, on dit qu'elles sont en équilibre. Lorsque des forces sont en équilibre, leur résultante est égale à 0.

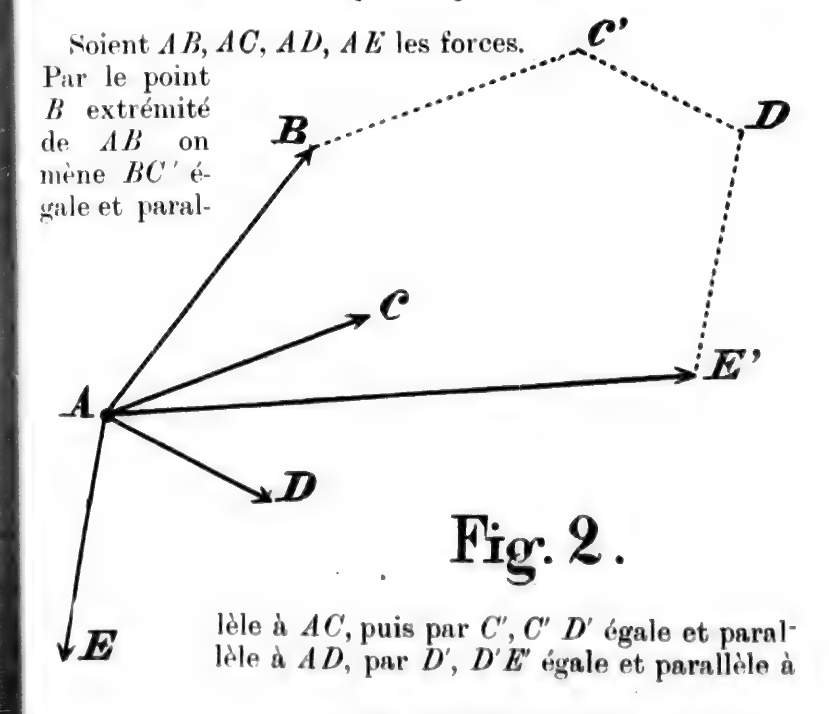
Composition de deux forces concourantes.

La diagonale AD du parallélogramme construit sur les deux forces AB et AC comme côtés représente en grandeur et direction la résultante cherchée. (Voir fig. 1).



Composition d'un nombre quelconque de forces concourantes.

Soient AB, AC, AD, AE les forces. Par le point B extrémité de AB on mène BC' égale et parallèle à AC, puis par C', $C'D'$ égale et parallèle à AD, par D', $D'E'$ égale et parallèle à



AE. La ligne AE' qui joint le point de départ A à l'extrémité E' de la dernière ligne, représente en grandeur et direction la résultante cherchée.

Si la figure $A\ B\ C'\ D'\ E'$ se fermait d'elle-même, c'est-à-dire si le point E' se confondait avec le point A, les forces se feraient équilibre.

Composition de deux forces parallèles et de même sens.

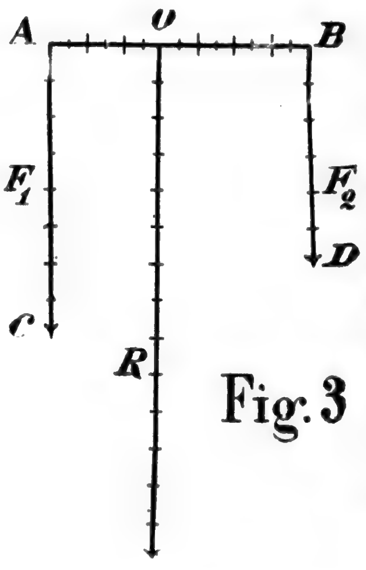


Fig. 3

Soient F_1 et F_2 les forces. La résultante est égale à leur somme $(F_1 + F_2)$ et passe par un point 0 divisant AB en deux parties telles que $F_1 \times AO = F_2 \times BO$. On tire de là la règle suivante : Pour avoir la distance AO de la résultante à une des forces F_1, par exemple, diviser la distance totale AB par la somme des deux forces et multiplier le quotient ainsi obtenu par l'autre force F_2.

$$R = F_1 + F_2 \, ; \qquad AO = \frac{AB}{F_1 + F_2} \times F_2$$

Exemple. Soient $F_1 = 80$ lbs, $F_2 = 60$ lbs et la distance $AB = 28''$. La résultante sera $R = 80 + 60 = 140$. Pour obtenir la distance AO, on divisera la distance totale $AB = 28''$ par la somme des forces $80 + 60 = 140$ ce qui donne 0,20 comme quotient, multipliant 0,20 par la force $F_2 = 60$ on obtient 12 pour la distance AO cherchée.

Le point O est le point par lequel il faudrait prendre la barre AB pour la soulever, la barre demeurant horizontale.

Composition de deux forces parallèles de sens contraire.

Fig. 4.

La résultante est égale à la plus grande des forces diminuée de la plus petite ; elle est dirigée dans le sens de la plus grande et passe par un point O situé au delà de la plus grande des forces à une distance BO telle que $BO \times F_2 = AO \times F_1$. De là la règle suivante : Pour avoir la distance BO de la résultante à la plus grande des forces, diviser la distance entre les deux forces par la différence de ces deux forces et multiplier le quotient obtenu par la plus petite.

$$BO = \frac{AB}{F_2 - F_1} \times F_1$$

Exemple. Soient $F_1 = 60$ lbs $F_2 = 80$ lbs $AB = 40''$; la différence des forces est $80 - 60 = 20$, divisant la distance 40 par 20 on obtient 2, multipliant 2 par la plus petite des forces 60 on obtient 120 qui est la distance BO cherchée.

Composition d'un nombre quelconque de forces parallèles et dirigées dans le même sens.

Soient F_1 F_2 F_3 F_4 F_5 les forces. La résultante est égale à leur somme et elle passe par un point O dont la distance à une des forces extrêmes, F_1 par exemple, s'obtient en appliquant la règle suivante : Multiplier chacune des forces par sa distance à la force F_1, additionner tous les produits obtenus et diviser cette somme par la somme de toutes les forces en comprenant la force F_1 ; $R = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$

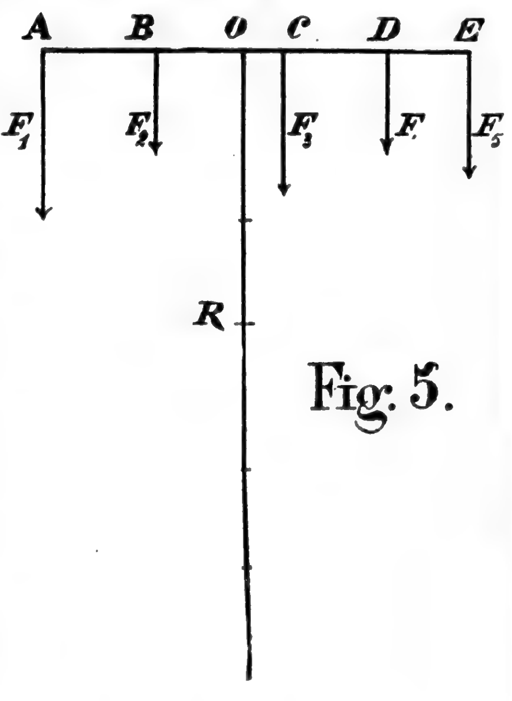
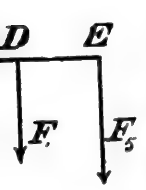


Fig. 5.

$$OA = \frac{F_2 \times AB + F_3 \times AC + F_4 \times AD + F_5 \times AE}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5}$$

Exemple. Soient $F_1 = 60$ lbs, $F_2 = 40$ lbs, $F_3 = 60$ lbs, $F_4 = 50$ lbs, $F_5 = 60$ lbs, $AB = 20''$, $BC = 25''$, $CD = 20''$, $DE = 15''$.

Multipliant F_2 par sa distance AB on a $40 \times 20 = 800$ de même $F_3 \times AC = 60 \times (20 + 25) = 60 \times 45 = 2700$.



$F_4 \times AD = 50 \times (20 + 25 + 20) = 50 \times 65 = 3250.$
$F_5 \times AE = 60 \times (20 + 25 + 20 + 15) = 60 \times 80 = 4800.$

Additionnant les produits $800 + 2700 + 3250 + 4800 = 11550$, et divisant 11550 par la somme des forces $60 + 40 + 60 + 50 + 60 = 270$, on trouve $AO = 41\frac{1}{10}$. La résultante est d'ailleurs égale à 270.

Composition d'un nombre quelconque de forces parallèles et dirigées dans les deux sens.

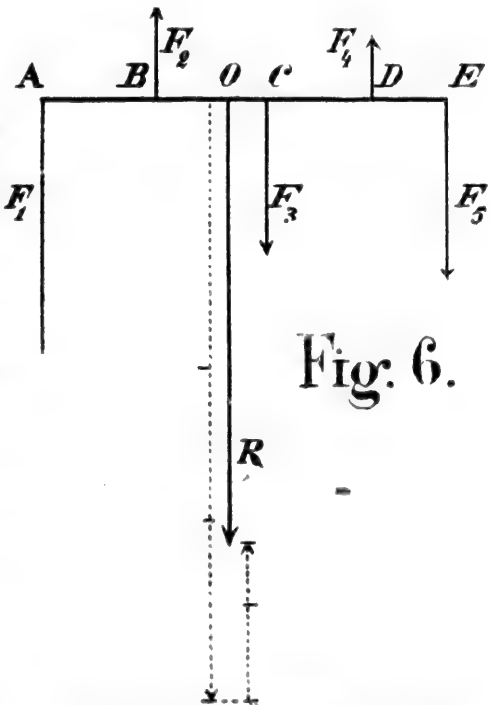


Fig. 6.

Soient F_1 F_2 F_3 F_4 F_5 les forces. La résultante s'obtient en faisant la somme des forces dirigées dans un sens puis celle des forces dirigées dans l'autre sens et en retranchant la plus petite des deux sommes de la plus grande ; cette résultante est dirigée dans le sens de la plus grande et elle passe par un point O dont la distance AO à une des forces extrêmes F_1 s'obtient en appliquant la règle suivante : Multiplier chacune des forces dirigées dans un sens par sa distance à la

force extrême F_1 faire la somme des produits obtenus, opérer de même pour les forces dirigées dans l'autre sens, retrancher la plus petite des deux sommes de la plus grande et diviser l différence par la résultante. $R = (F_1 + F_3 + F_5) - (F_2 +$

$$AO = \frac{(F_2 \times AB + F_4 \times AD) - (F_3 \times AC + F_5 \times AE)}{R}$$

Les problèmes précédents peuvent être résolus graphiquement.

Soit à composer (fig. 8) les forces F_1, F_2, F_3, F_4, F_5. On portera (fig. 8 *bis.*) $Q\,A' = F_1$, $A'\,B' = F_2$, $B'\,C' = F_3$, $C'\,D' = F_4$ et $D'\,E' = F_5$; puis prenant un point O' quelconque, on joindra

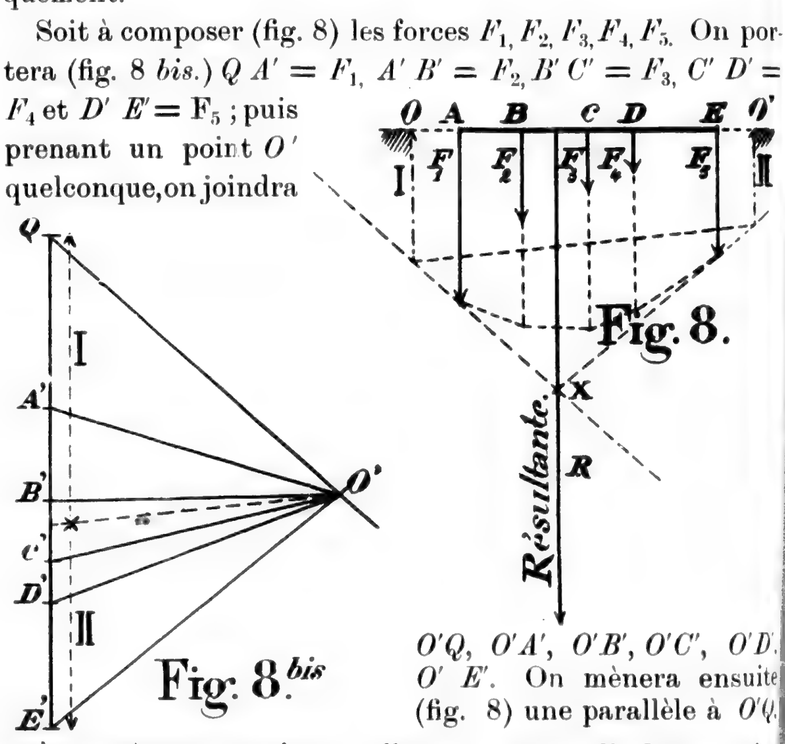


Fig. 8.

Fig. 8 *bis*

$O'Q$, $O'A'$, $O'B'$, $O'C'$, $O'D'$, $O'\,E'$. On mènera ensuite (fig. 8) une parallèle à $O'Q$ qu'on arrêtera au point ou elle rencontrera F_1. De ce point on mènera une parallèle à $O'\,A'$ qu'on arrêtera de même au

point où elle rencontrera F_2 ou son prolongement, on continuera ainsi pour les parallèles à $O'B'$, $O'C'$, $O'D'$ et enfin $O'E'$. Les deux lignes extrêmes obtenues prolongées se coupent en un point X. On mènera alors par X une parallèle à la direction commune des forces, et on portera sur cette ligne une longueur égale à $F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$, cette ligne représentera la résultante en grandeur et direction.

Si les forces étaient de sens différents (fig. 7) on procéderait de même mais en portant les forces soit en montant soit en descendant suivant leur sens. On prendra (fig. 7 *bis*) $QA' = F_1$, puis à partir de A' en

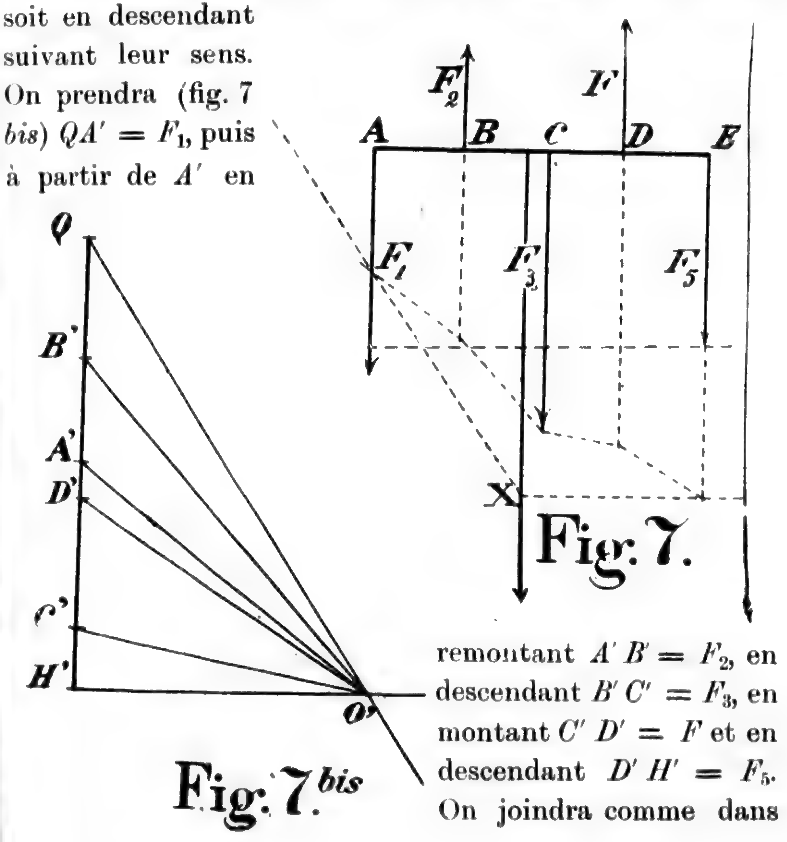


Fig. 7.

Fig. 7 *bis*.

remontant $A'B' = F_2$, en descendant $B'C' = F_3$, en montant $C'D' = F$ et en descendant $D'H' = F_5$. On joindra comme dans

le cas précédent un point quelconque O' aux différents points, Q, A', B', C', D', H', puis on mènera les parallèles en remarquant que les lignes unissant deux forces (fig. 7) sont parallèles aux lignes de la fig. 7 bis unissant le point O' au point de séparation de ces forces. La résultante X sera d'ailleurs égale à $Q\,H' = F_1 - F_2 + F_3 - F + F_5$.

Moment d'une force par rapport à un point.

Soient un point O et une force F. Si du point O on abaisse une perpendiculaire sur la force F, le produit de la force

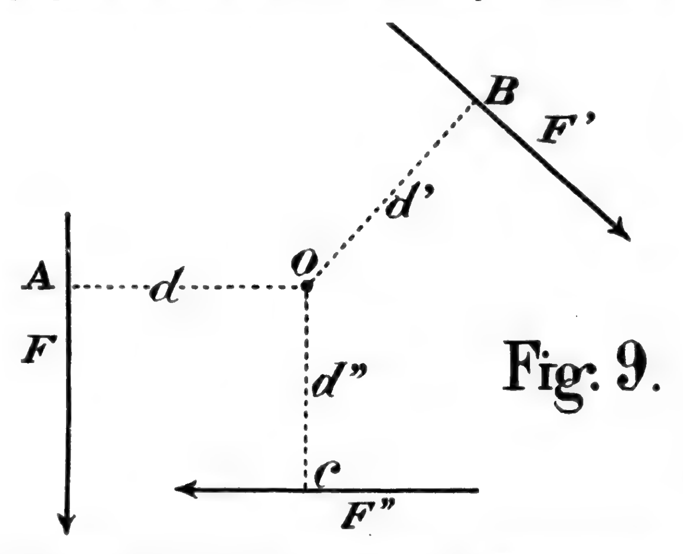


Fig. 9.

par la longueur d de la perpendiculaire est appelé moment de la force F par rapport au point O.

Les moments sont positifs ou négatifs suivant que la force tend à tourner dans un sens ou dans l'autre autour du point considéré.

Dans la figure 9 on voit que les forces F'' et F''' tendent à tourner autour de O dans le sens des aiguilles d'une montre ; F tourne au contraire en sens inverse. Le moment total du système $F. F'. F''$ autour du point O sera $F'' \times d''$ $+ F' \times d' - F \times d$.

On fait souvent usage en mécanique des théorèmes suivants :

1° Le moment de la résultante de plusieurs forces est égal à la somme des moments des forces dirigées dans un sens diminuée de la somme des moments des forces dirigées en sens inverse.

Moment de la résultante $= F'' \times d'' + F' \times d' - F \times d$.

2° Dans un système de forces en équilibre la somme des moments est nulle, autrement dit, la somme des moments dans un sens égale la somme des moments en sens inverse.

Pesanteur.

Lorsqu'un corps tombe librement, il prend un mouvement uniformément accéléré ; l'accélération de ce mouvement est de 32.2 environ, en pratique on peut prendre 32.

L'espace parcouru par un corps tombant simplement après un temps t, est égal au produit de l'accélération 32 par le temps en secondes au carré, le tout divisé par deux, ou, ce qui revient au même, l'espace en pieds est égal à 16 fois le carré du temps.

La vitesse d'un corps après un temps t est égale au produit de l'accélération par le temps ou à la racine carrée du produit du double de l'accélération (32) multiplié par le temps.

Un corps, lancé verticalement avec une vitesse v en pieds, s'élève à une hauteur égale au carré de cette vitesse divisé par le double de l'accélération. En appelant :

e, l'espace g, l'accélération
t, le temps, h, la hauteur,

On a les formules suivantes :

$$e = \frac{1}{2} gt^2, \quad v = gt, \quad v = \sqrt{2gh},$$
$$h = \frac{v^2}{2g}, \quad g = 32.$$

MOUVEMENT UNIFORME.

espace = vitesse × temps $e = vt.$

vitesse = espace ÷ temps $v = \frac{e}{t}$

temps = espace ÷ vitesse $t = \frac{e}{v}$

MOUVEMENT UNIFORMÉMENT VARIÉ.

vitesse = vitesse initiale + accélération × temps

$$v = v_0 + gt.$$

espace = vitesse initiale × temps + accélération × carré du temps ÷ 2.

$$e = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2$$

Le mouvement est uniforme quand dans des temps égaux, quelque petits qu'ils soient, les espaces parcourus sont toujours égaux.

Le mouvement est uniformément varié quand les espaces parcourus dans des temps égaux varient uniformément. L'augmentation ou la diminution de vitesse dans l'unité de temps est appelée *accélération*. (Voir *Science de l'artisan*).

Centre de gravité.

La pesanteur agit sur un corps comme un ensemble de forces parallèles appliquées aux différentes parties de ce corps, la résultante de ces forces passe toujours par un même point, quelle que soit la position du corps, ce point est appelé *centre de gravité.*

Le *centre de gravité* d'une ligne droite est en son milieu, le centre de gravité d'un cercle, d'une circonférence, d'une boule ou sphère est à son centre. Le centre de gravité est au tiers de la ligne qui joint un sommet d'un triangle au milieu du côté opposé, etc. (Voir page 73).

Lorsqu'un corps est suspendu par son centre de gravité, il reste en équilibre quelle que soit la position dans laquelle on le place.

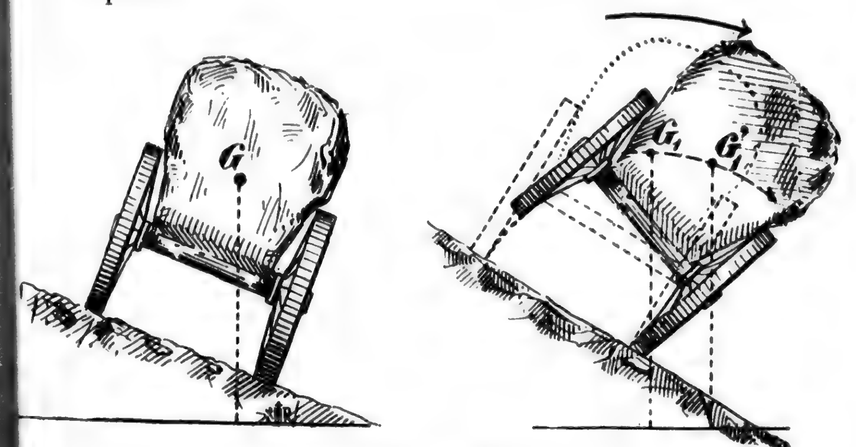


Fig. 10.

Lorsqu'un corps repose sur une surface plane, il faut pour qu'il y ait équilibre que la ligne verticale passant par

le centre de gravité rencontre la base d'appui à l'intérieur de cette surface (fig. 10), ou, s'il repose suivant une ligne ou deux points, à l'intérieur de cette ligne ou entre ces deux points.

Pour trouver le centre de gravité d'un système de deux corps réunis par une barre rigide, il suffit de supposer appliquées au centre de gravité de ces deux corps, des forces égales à leur poids, puis de chercher le point de passage de leur résultante.

Pour trouver le centre de gravité d'un nombre quelconque de corps, il suffit d'appliquer au centre de gravité de chacun des corps une force égale à son poids, et de

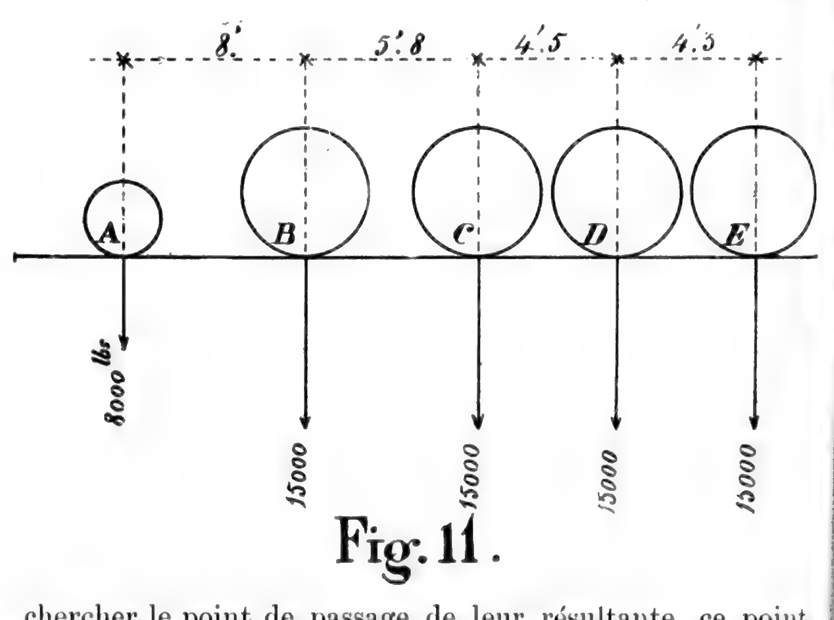


Fig. 11.

chercher le point de passage de leur résultante, ce point est le centre de gravité cherché ; on peut procéder, soit par l'arithmétique, soit graphiquement.

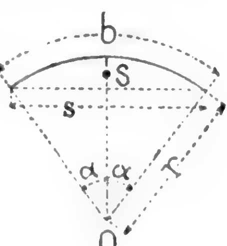
Plusieurs corps invariablement liés agissent comme si le total de leurs poids était placé au centre de gravité du système. C'est par le centre de gravité qu'il faut soulever un corps ou un ensemble de corps si on veut que les poids des différentes parties étant balancés, on puisse, soit le maintenir dans sa position première, soit le placer dans une position quelconque.

Exemple : Où est placé le centre de gravité d'une locomative du type indiqué ci-contre ? (Voir figure 11).

En appliquant les règles données page 64 (composition des forces) et en partant de l'extrémité *A*, on voit qu'il y a à faire les opérations suivantes : $8 \times 15000 + (8 + 5.8) \times 15000 + (8 + 5.8 + 4.5) \times 15000 + (8 + 5.8 + 4.5 + 4.5) \times 15000 = 9435003$, divisant cette somme par le poids total $(8000 + 15000 + 15000 + 15000) = 53000$ on obtient la distance *AO* du centre de gravité à l'extrémité *A*.

Position du centre de gravité.

Pour trouver le centre de gravité d'un arc de cercle, joindre le centre O du cercle au milieu de l'arc et prendre sur cette ligne une longueur OS égale au produit de la corde par le rayon divisé par la longueur de l'arc.



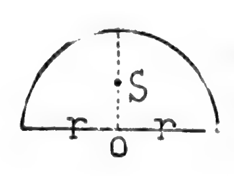
$$OS = \frac{rs}{b}$$

Si l'arc est égal à la demi-circonférence, on a $OS = 0.636$ r.

Trapèze. — Pour trouver le centre de gravité S d'un trapèze, porter à la suite de la petite base *a* une longueur égale à la grande base *b*, à la suite de la base *b* et sur l'autre côté une longueur égale à la base *a* ; joindre par une ligne droite les extrémités des lignes ainsi formées ; joindre ensuite par une droite les milieux des côtés *a* et *b*. Le point S, intersection de ces deux lignes est le centre de gravité cherché.

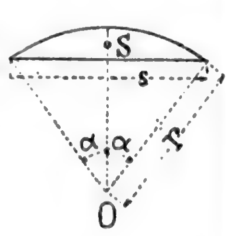
Secteur —Pour trouver le centre de gravité S d'un secteur, joindre le centre O du cercle au milieu de l'arc et prendre une longueur O S égale aux $\frac{2}{3}$ du produit de la corde par le rayon divisé par la longueur de l'arc.

$$OS = \frac{2}{3}\,\frac{r\,s}{b}$$



Demi-cercle.—Pour trouver le centre de gravité S d'un demi-cercle, abaisser une perpendiculaire au milieu du diamètre et prendre sur cette perpendiculaire une longueur O S = au rayon × 0.424.

Segment.—Pour trouver le centre de gravité S d'un segment, joindre le centre O du cercle au milieu de l'arc et prendre OS = au cube de la corde divisé par 12 fois la surface du segment.



RELATIONS ENTRE LES FORCES, LES VITESSES ET LES MASSES.

La *masse* d'un corps s'obtient en divisant son poids en livres par l'accélération due à la pesanteur en pieds, soit environ 32.2 ou en pratique 32.

La *quantité de mouvement* d'un corps s'obtient en multipliant sa masse par sa vitesse en pieds.

La *force vive* d'un corps s'obtient en multipliant sa masse par le carré de sa vitesse en pieds.

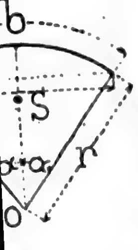
La *puissance vive* d'un corps s'obtient en multipliant sa masse par le carré de sa vitesse en pieds et en prenant la moitié du produit.

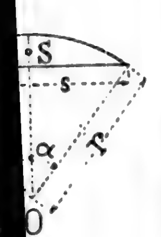
$$\text{masse} = \frac{\text{poids}}{32.2}\ ;\ \text{quantité de mouv.} = \frac{\text{poids}}{32.2} \times \text{vitesse}\ ;$$

$$\text{force vive} = \frac{\text{poids}}{32.2} \times (\text{vitesse})^2 ;\ \text{puis. vive} = \frac{1}{2}\frac{\text{poids}}{32.2}(\text{vit.})^2$$

TABLE DES VITESSES ANGULAIRES.

En appelant n le nombre de tours par minute, la vitesse angulaire $\frac{2\pi n}{60}$ représente le chemin parcouru dans une seconde par un corps tournant avec un rayon égal à l'unité et faisant un tour par minute. En multipliant cette vitesse angulaire par le rayon, on obtient la vitesse du corps par seconde.





Les nombres placés dans la première colonne représentent les dizaines de tours, les nombres placés dans la première ligne horizontale les unités.

Supposons qu'on ait à chercher la vitesse angulaire d'une roue faisant 245 tours par minute. On cherche 24 dans la première colonne, puis 5 sur la première ligne et on lit 25.656 qui est la vitesse angulaire cherchée.

Si le nombre de tours est supérieur à 449, limite de la table, on procède de la manière suivante :

Supposons qu'on ait à chercher la vitesse angulaire d'une roue faisant 845 tours par minute, on cherchera 80 en prenant 8 daus la première colonne et 0 sur la première ligne horizontale, on trouve 8.3776 ce qui pour 800 donne 83.776 ; cherchant maintenant 45 on trouve 4,7124, la somme des deux 83.776 + 4.7124 = 88.4884 sera la vitesse angulaire cherchée.

TABLE DES VITESSES ANGULAIRES.

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		0,1047	0,2094	0,3142	0,4189	0,5236	0.6283	0,7330	0,8378	0,9425
1	1,0472	1,1519	1,2566	1,3614	1,4661	1.5708	1,6755	1,7802	1,8850	1,9897
2	2,0944	2,1991	2.3038	2,4086	2,5133	2,6180	2,7227	2,8274	2,9322	3.0369
3	3,1416	3,2463	3,3510	3,4558	3,5605	3,6652	3.7699	3,8746	3,9794	4,0841
4	4,1888	4,2935	4,3982	4,5029	4,6077	4,7124	4,8171	4,9218	5,0265	5,1313
5	5,2360	5,3407	5,4454	5,5501	5,6549	5,7596	5,8643	5,9690	6,0737	6,1785
6	6,2832	6,3879	6,4926	6,5973	6,7021	6,8068	6,9115	7,0162	7,1209	7,2257
7	7,3304	7,4351	7,5398	7,6445	7,7493	7,8540	7,9587	8,0634	8,1681	8,2729
8	8,3776	8,4823	8,5870	8,6917	8,7965	8.9012	9.0059	9.1106	9,2153	9,3201
9	9,4248	9,5295	9,6342	9,7389	9,8437	9,9484	10,053	10,158	10,263	10,367
10	10,472	10,577	10,681	10,786	10,891	10,996	11,100	11,205	11,310	11,414
11	11,519	11,624	11,729	11,833	11,938	12,043	12,147	12,252	12,357	12.462
12	12,566	12,671	12,776	12,881	12,985	13,090	13,195	13,299	13,404	13,509
13	13,614	13,718	13,823	13,928	14,032	14,137	14.242	14,347	14,451	14,556
14	14,661	14,765	14,870	14,975	15,080	15,184	15,289	15,394	15,499	15,603
15	15,708	15,813	15,917	16,022	16,127	16,232	16,336	16,441	16,546	16,650
16	16,755	16,860	16,965	17,069	17,174	17,279	17,383	17.488	17,593	17,698
17	17,802	17,907	18,012	18.117	18,221	18.326	18,431	18,535	18,640	18,745
18	18,850	18,954	19,059	19,164	19,268	19,373	19,478	19,583	19,687	19,792
19	19,897	20,001	20,106	20,211	20,316	20,420	20,525	20,630	20,735	20,839
20	20,944	21,049	21,153	21,258	21,363	21,468	21.572	21,677	21,782	21,886
21	21,991	22,096	22,201	22,305	22,410	22,515	22,619	22,724	22,829	22,934
22	23,038	23,143	23,248	23,353	23,457	23,562	23,667	23,771	23,876	23,981
23	24,086	24,190	24,295	24.400	24,504	24,609	24,714	24,819	24,923	25,028
24	25,133	25,237	25,342	25,447	25,552	25,656	25,761	25,866	25,970	26,075
25	26,180	26,285	26,389	26,494	26,599	26,704	26,808	26,913	27,018	27,122
26	27,227	27,332	27,437	27,541	27,646	27,751	27,855	27,960	28,065	28,170
27	28,274	28,379	28,484	28,588	28,693	28,798	28,903	29,007	29,112	29,217
28	29,322	29,426	29,531	29,636	29,740	29,845	29,950	30.055	30,159	30,264
29	30,369	30,473	30,578	30,683	30,788	30,892	30,997	31,102	31,206	31,311
30	31,416	31,521	31,625	31,730	31,835	31,940	32,044	32,149	32,254	32,358
31	32,463	32,568	32,673	32,777	32,882	32,987	33.091	33,196	33,301	33,406
32	3[illegible]510	33,615	33,720	33,824	33,929	34,034	34,139	34,243	34,348	34,453
33	34,558	34,662	34,767	34,872	34,976	35,081	35,186	35,291	35,395	35,500
34	35,605	35,709	35,814	35,919	36,024	36,128	36,233	36,338	36,442	36,547
35	36,652	36,757	36,861	36,966	37,071	37,176	37.280	37,385	37,490	37,594
36	37,699	37,804	37,909	38,013	38,118	38,223	38,327	38,432	38,537	38,642
37	38,746	38,851	38,956	39,060	39,165	39,270	39,375	39,479	39,584	39,689
38	39,794	39,898	40,003	40.108	40,212	40,317	40.422	40.527	40,631	40,736
39	40,841	40,945	41,050	41,155	41,260	41,364	41,469	41,574	41,678	41,783
40	41,888	41,993	42,097	42,202	42.307	42,412	42,516	42,621	42,726	42,830
41	42,935	43,040	43,145	43,249	43.354	43,459	43,563	43.668	43,773	43,878
42	43,982	44,087	44,192	44,296	44.401	44,506	44,611	44.715	44,820	44,925
43	45,029	45,134	45,239	45,344	45.448	45.553	45,658	45,763	45,867	45,972
44	46.077	46,181	46,286	46,391	46.496	46,600	46,705	46,810	46,914	47,019

*) Exemple : $n = 40$, $\omega = 4,188$; $n = 327$. $\omega = 31,213$.

FORCE CENTRIFUGE.

C'est la force en vertu de laquelle un corps tournant tend à s'éloigner du centre de la circonférence qu'il décrit. Cette force est dirigée dans le sens du rayon, elle n'existe qu'autant que le corps est relié au centre et disparaît dès que cette liaison n'existe plus. C'est pour cette raison que les morceaux d'un volant ou d'une meule qui se brise se dirigent non dans le sens du rayon mais suivant la tangente à la circonférence décrite au moment de la rupture, c'est-à-dire suivant $M\,A$, la force centrifuge étant d'ailleurs dirigée suivant $O\,M$ pendant le mouvement de rotation.

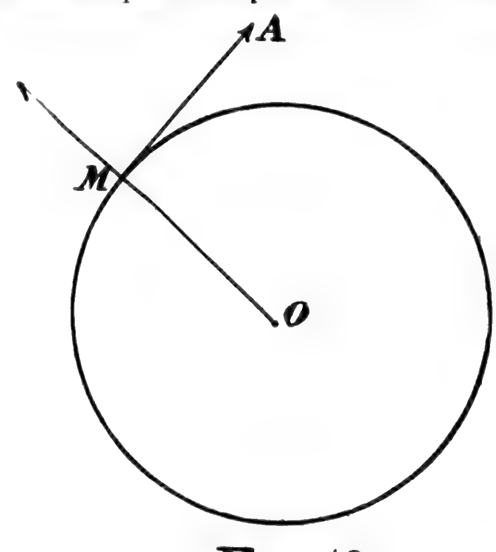


Fig. 12.

Le poids d'un corps étant P, sa distance au centre étant R et sa vitesse en pieds par seconde étant v, sa force centrifuge est donnée par la formule suivante :

$$\text{F. centrifuge} = \frac{P}{64} \times \frac{v^2}{R} \text{ ou } P \times \left(\frac{v}{4}\right)^2 \div 2R.$$

cette formule conduit à la règle suivante :

Prendre le quart de la vitesse en pieds par seconde, l'élever au carré, multiplier ce carré par le poids, et diviser le produit par deux fois le rayon, c'est-à-dire par le diamètre.

Si on appelle n le nombre de tours par minute et a la vitesse angulaire, la force centrifuge est également donnée par la formule suivante :

$$F = \frac{P}{32} a^2 R \text{ ou } P \times n^2 \times R \times 0.00034.$$

Cette formule conduit à la règle suivante :

Faire le carré du nombre de tours par minute, multiplier ce carré par le rayon, puis par le nombre constant 0.00034, le résultat donne la force centrifuge pour un corps pesant une livre, il suffit de le multiplier par le poids du corps pour avoir la force centrifuge cherchée.

De ce qui précède on conclut que :

1° La force centrifuge augmente comme le poids du corps.

2° La force centrifuge augmente comme le rayon si le nombre de tours reste le même.

3° La force centrifuge augmente comme le carré du nombre de tours si le rayon reste le même.

On voit par là que le fait de doubler la vitesse d'une meule d'émeri ou d'un volant rend la force centrifuge tendant à amener la rupture de ces machines 4 fois plus grande, tandis que le fait de caler un volant ou une meule sur un arbre destiné à une meule ou à un volant de diamètre moitié moindre ne la rend que double, le nombre de tours restant le même. (Voir *meules d'émeri et volants.*)

Travail des forces.

Le travail d'une force s'obtient en multipliant la force par le chemin qu'elle fait parcourir au corps suivant sa direction.

L'*unité* de travail est la livre pied ; elle correspond à un poids d'une livre soulevé à 1′ de hauteur.

Lorsqu'un corps tombe, au bout d'un certain temps t il est animé d'une vitesse v, et le travail développé par la pesanteur est à ce moment égal à la puissance vive du corps, $\frac{1}{2} m v^2$

Pour faire passer un corps du repos à la vitesse v, il faut dépenser une quantité de travail égale à la puissance vive du corps.

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} v^2$$

Pour faire passer un corps de la vitesse v à la vitesse v', il faut développer un travail égal à la différence des quantités de travail correspondant à chacune des deux vitesses, c'est-à-dire à la puissance vive à la fin, diminuée de la puissance vive au commencement.

$$\frac{1}{2} m v'^2 - \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m (v'^2 - v^2)$$

MACHINES SIMPLES.

Levier.— Se compose d'une barre rigide, fixe en un point d'appui ou fulcrum et soumise en deux autres points à l'action de deux forces, l'une tendant à produire le mouvement (puissance), l'autre tendant à l'empêcher (résistance).

Les distances ou perpendiculaires abaissées du point d'appui sur la puissance et sur la résistance sont les bras

de levier. Si le point d'appui est entre la résistance et la puissance, le levier est du 1er genre, (fig. 13 et 16), il est du 2e genre si la résistance est entre le point d'appui et la puissance, (fig. 14 et 17), enfin il est du 3e genre si la puissance est entre la résistance et le point d'appui (fig. 15 et 18).

1er genre.

Fig. 13.

Fig. 16.

2e genre.

Fig. 14.

Fig. 17.

3e genre.

Fig. 15.

Fig. 18.

Pour qu'il y ait équilibre il faut que : puissance $\times$ bras de levier = résistance $\times$ bras de levier.

$$P \times OB = R \times OA \text{ ; d'où } P = \frac{R \times OA}{OB},$$

$$R = \frac{P \times OB}{OA}, \quad OB = \frac{R \times OA}{P}, \quad OA = \frac{P \times OB}{R}$$

Règles.—1o. Pour trouver la puissance d'un levier, multiplier la résistance par sa distance au point d'appui (fulcrum) et diviser le produit ainsi obtenu par la distance du point d'appui à la puissance.

2o. Pour trouver la résistance, multiplier la puissance par sa distance au point d'appui, et diviser par la distance du point d'appui à la résistance.

3o. Pour trouver la distance du point d'appui à la puissance, multiplier la résistance par sa distance au point d'appui et diviser par la puissance.

4o. Pour trouver la distance du point d'appui à la résistance, multiplier la puissance par sa distance au point d'appui et diviser par la résistance.

Treuil, (*Wheel and axle*, *Windlass*).

En appelant P l'effort exercé en A et Q la charge à soulever ou l'effort à vaincre on a (fig. 19)

$$P \times CA = Q \times CB.$$

de là on tire : $P = \frac{Q \times CB}{CA}$; $Q = \frac{P \times CA}{CB}$;

$$CA = \frac{Q \times CB}{P} \text{ ; } CB = \frac{P \times CA}{Q}$$

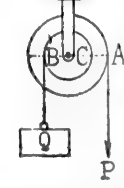
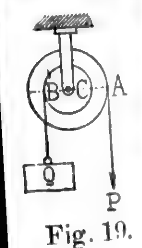


Fig. 19.


Fig. 19.

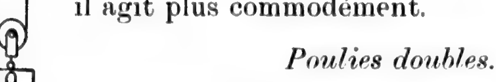
RÈGLES.—1o. Pour trouver la puissance, multiplier la résistance ou charge à soulever par son rayon ou bras de levier et diviser par le rayon de la puissance ou bras de levier.

2o. Pour trouver la résistance ou charge que l'on peut soulever, multiplier la puissance par son rayon ou bras de levier et diviser par le rayon de la résistance ou bras de levier.

3o. Pour trouver le rayon de la puissance ou bras de levier, multiplier la résistance par son rayon ou bras de levier et diviser par la puissance.

Poulie simple (single pulley).

Dans une poulie simple, l'effort exercé à une des extrémités de la corde est égal à la charge à soulever ou à l'effort à vaincre. Le seul avantage retiré de cette machine est que, ou l'homme agit par son poids, ou il agit plus commodément.


Fig. 20.

Poulies doubles.

L'effort P, exercé à l'extrémité de la corde n'est, dans le cas où les deux brins passant sur la poulie sont parallèles, que la moitié de la charge à soulever ou de l'effort à vaincre. (Fig. 20).

Dans le cas où les brins ne sont pas parallèles (fig. 21) on a

$$\frac{P}{Q} = \frac{1}{2 \text{ cosinus } Z} ; P = \frac{Q}{2 \text{ cosinus } Z} ;$$

$$Q = 2 \ P \text{ cosinus } Z.$$

La valeur du cosinus Z est donnée page 38.

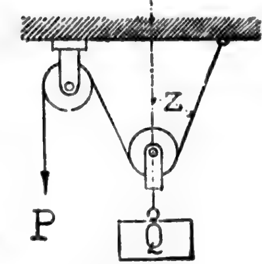


Fig. 21.

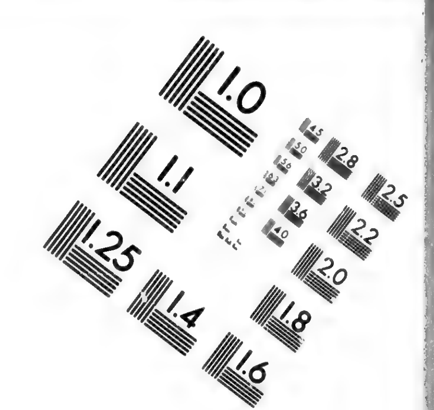
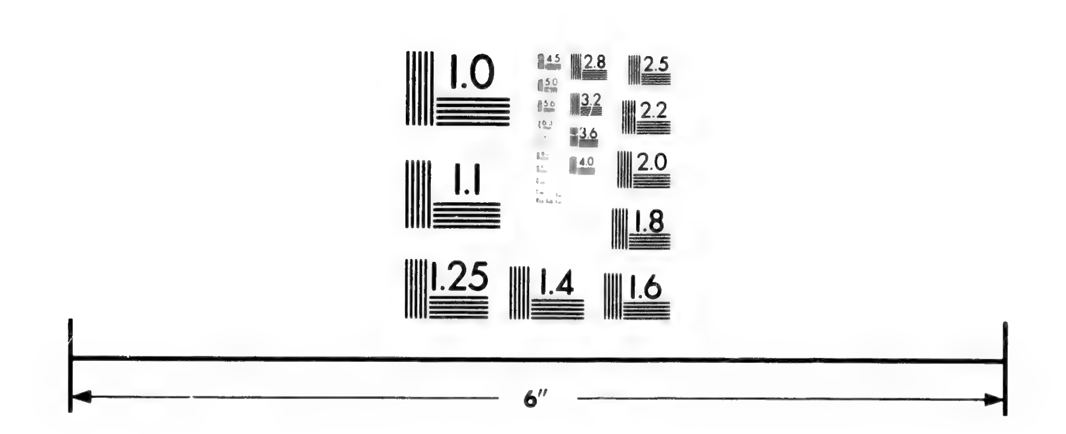
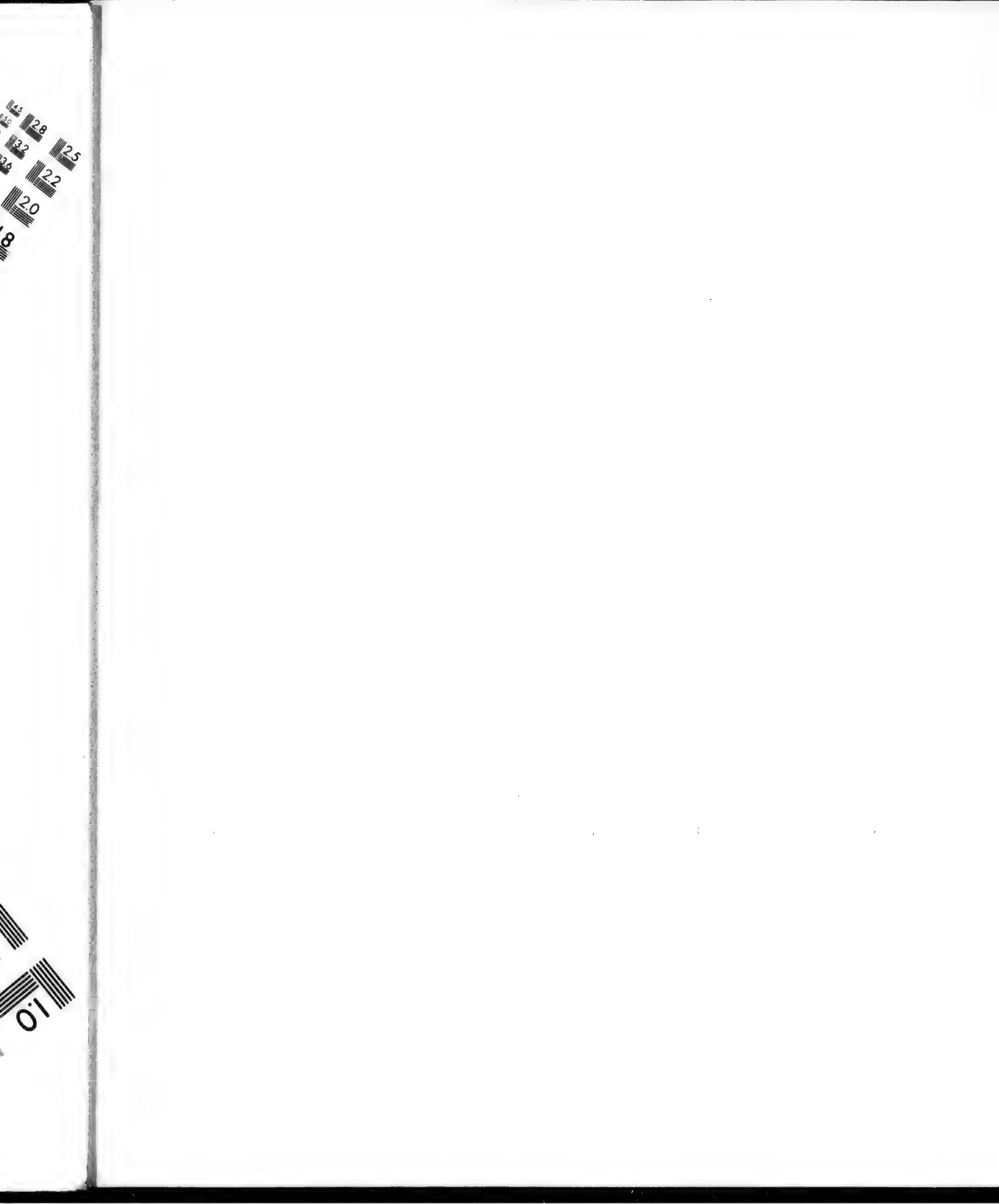


IMAGE EVALUATION
TEST TARGET (MT-3)



Photographic
Sciences
Corporation

23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503


2.8
2.5
3.2
2.2
2.0
1.8
1.0

Poulies Moufles.

L'effort exercé à l'extrémité de la corde est égal à la charge à soulever Q (effort à vaincre) divisée par le nombre de poulies ou par le nombre de cordes supportant la partie mobile.

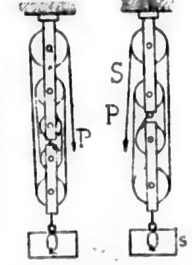


Fig. 22. Fig. 23.

Dans la disposition (fig. 22) on a $P = \frac{Q}{5}$; dans la disposition (fig. 23)

$$P = \frac{Q}{4}$$

Poulies Multiples.

L'effort à exercer à l'extrémité de la corde P est égal à l'effort à vaincre (charge à soulever) divisé par le double du nombre de poulies mobiles.

Dans le cas actuel (fig, 24) on a



$$P = \frac{Q}{2 \times 3} = \frac{Q}{6}$$

Fig. 24.

Plan Incliné (Inclined Plane).

Lorsque la traction ou la pression exercée pour soulever le corps est suivant la direction du plan, on a : effort × longueur = poids × hauteur ;

par suite, $\text{effort} = \frac{\text{poids} \times \text{hauteur},}{\text{longueur},}$

$\text{poids à soulever} = \frac{\text{effort} \times \text{long.}}{\text{hauteur.}},$

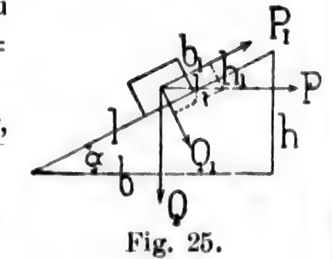
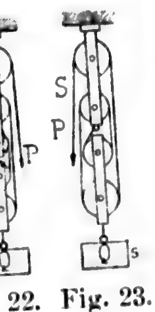


Fig. 25.

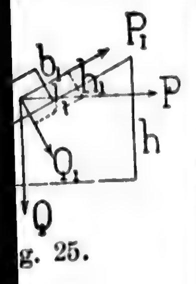
égal à la



22. Fig. 23.

P est égal à
ever) divisé
lies mobiles.
a

pour soulever

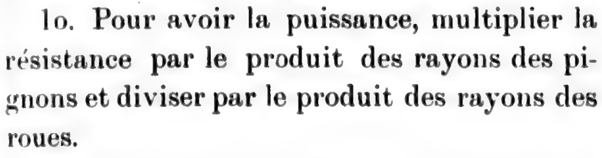


g. 25.

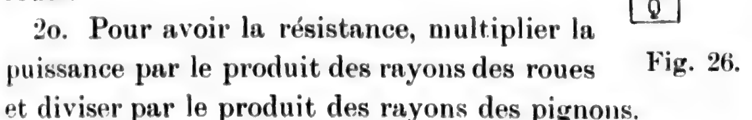
$$\text{longueur} = \frac{\text{poids} \times \text{hauteur}}{\text{effort}}$$

Roues d'engrenage.

Le produit de la puissance par le rayon des roues est égal au produit de la résistance par le rayon des pignons (petites roues) ; d'où les règles suivantes :



1o. Pour avoir la puissance, multiplier la résistance par le produit des rayons des pignons et diviser par le produit des rayons des roues.



2o. Pour avoir la résistance, multiplier la puissance par le produit des rayons des roues et diviser par le produit des rayons des pignons.

Fig. 26.

Vis, (Screw).

La vis (fig. 27) peut être employée soit pour transformer un mouvement circulaire en un mouvement rectiligne, soit pour produire un effort.

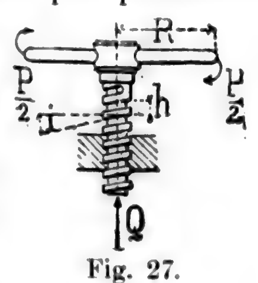


Fig. 27.

En appelant $\frac{P}{2}$ l'effort appliqué à chacune des extrémités du levier R et tendant à faire tourner la vis, h le pas et Q la résistance à vaincre on a (sans tenir compte du frottement)

$$\frac{P}{Q} = \frac{h}{2\pi R}\ ;\ P = \frac{h}{2\pi R} Q\ ;\ Q = \frac{2\pi R}{h} P.$$

D'où la règle suivante : La puissance est à la résistance comme le pas est à la circonférence décrite par la puissance.

En pratique la puissance nécessaire est bien supérieure à celle ainsi trouvée, cette différence étant due au frottement.

Coin, (Wedge).

Les formules généralement données pour le coin ne fournissent que des résultats très approximatifs pour les raisons suivantes :

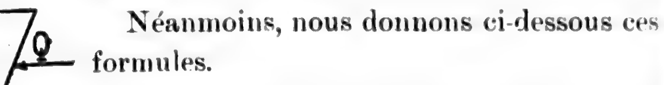
1o. La puissance exercée est généralement le résultat d'un choc et la force dans ce cas ne peut être exactement mesurée.

2o. Les surfaces en contact avec les faces du coin forment en général levier et aident à son action.

3o. Le frottement est plus grand que dans les autres machines et ne peut être exactement mesuré.



Néanmoins, nous donnons ci-dessous ces formules.



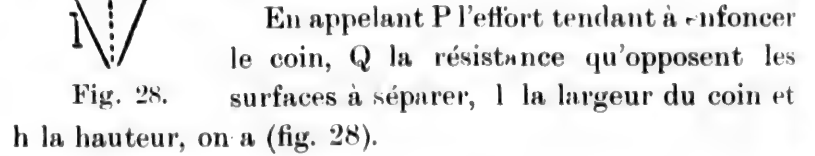
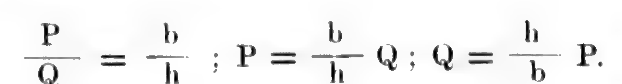


Fig. 28.

En appelant P l'effort tendant à enfoncer le coin, Q la résistance qu'opposent les surfaces à séparer, l la largeur du coin et h la hauteur, on a (fig. 28).



$$\frac{P}{Q} = \frac{b}{h} \; ; \; P = \frac{b}{h} Q \; ; \; Q = \frac{h}{b} P.$$

Moteurs animés.

Le plus avantageux est de faire élever à l'homme son propre poids. Il entre dans le travail des moteurs animés 3 éléments, la force F qu'il déplace, (en livres) la vitesse V du mouvement (en pieds) et le temps T (en minutes,) pendant lequel le travail peut être produit. En multipliant la vitesse V par la force F on obtient le travail par minute, ce travail multiplié par T donne le travail journalier.

Le travail journalier est le plus grand possible pour certaines valeurs de F, de V et de T, et, si on augmente au delà de ces valeurs une de ces quantités, les autres diminuent plus fortement.

L'homme peut momentanément produire un effort 5 à 6 fois plus grand, ou obtenir une vitesse 4 à 6 fois plus grande, ou il peut soutenir l'effort pendant un temps 2 ou 3 fois plus grand que la moyenne, mais au prix d'une grande fatigue.

Pour les animaux la force peut être 4 à 6 fois la force moyenne ou la vitesse 4 à 6 fois la vitesse moyenne, mais le temps pendant lequel l'animal travaille est beaucoup réduit ; le temps ne peut être augmenté beaucoup sans ruiner la santé des bêtes, au plus 2 à 2 fois et $\frac{1}{2}$ le temps moyen (pour une journée).

Le coup de collier d'un bon cheval pent atteindre 650 à 1100 livres sur un point fixe. Un cheval peut porter 220 à 400 lbs, un mulet 180. Avec une vitesse de 1 mille par heure, un cheval tire 250 lbs ; pour avoir la traction pour une vitesse jusqu'à 4 milles, diviser 250 par cette vitesse.

Lorsqu'un cheval travaille au manège, il faut au moins un rayon de 9′, mais il est bon, pour que le cheval ne soit

pas gêné, de ne pas descendre au-dessous de 15′. La journée doit être fractionnée en périodes de 2 à 3 heures séparées par des repos de même durée. L'axe du cheval doit être tangent à la circonférence décrite par son avant-train. Si la machine conduite peut faire volant, il faut caler sur l'arbre un rochet à ressort (stop ratchet) pour que le cheval ne soit pas frappé quand il s'arrête.

Travail de l'homme.

	Poids en livres.	Hauteur à laquelle le poids est élevé dans une min.	Nombre d'heures	Travail journalier en livres-pieds.
Un homme élevant un poids par corde et poulie (descente à vide)	40	40	6	562.000
Un homme élevant un poids à la main.	44	34	6	531.000
Un homme montant un fardeau sur le dos (rampe ou escalier)	150	8	6	406.000
Un homme sur la brouette (rampe de 1/12) retour à vide	130	4	10	312.000
Un homme élevant des terres à la pelle à 5 pieds en moyenne.	6	80	10	281.000
Un homme pesant 150 lbs montant un escalier ou une pente douce.	150	30	8	2.025.000

TRAVAIL SUR UNE MACHINE.

	Effort en livres.	Vitesse par minute en pieds.	Travail par minute.	Nombre d'heures de travail.	Travail journalier.
Un homme tirant ou poussant horizontalement.	25 à 30	120	3000 à 3600	8	1.500.000 à 1.700.000
Un homme agissant sur une manivelle.	18	150	2700	8	1.235.000

TRAVAIL DES CHEVAUX.

	Effort en livres.	Vitesse par minute en pieds.	Travail par minute.	Heures de travail haltes non comprises.	Travail journalier.
Cheval au pas.	150	180	27000	8	13,000,000
" au trot.	95	450	42750	4½	11,300,000
Omnibus.	85	500	42500	3	6,650,000
Tramway.	60	600	36000	3	7,750,000
Voiture de place.			18900	10	11,400,000
Au labour.	130	170	22100	10	15,650,000
Manège au pas.	100	180	18000	8	8,500,000
" au trot.	65	400	26000	4½	7,030,000
au pas allongé.	65	280	18200	6 à 7	6,560,000 à 7,655,000

Tirage des voitures.

Le poids mort est $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$ de la charge totale.

L'effort pour tirer une voiture est de

0.25	de la charge à traîner	sur un	terrain	naturel argileux sec non battu.
0.165	"	"	"	silicieux ou cray.
0.040	"	"	"	battu très uni.
0.125	"	"	"	en sable, cailloux nouvellement posés.
0.080	"	"		chaussée en empierrement.
0.054	"	"		" avec boue.
0.030	"	"		" en très bon état.
0.030	"	"		chaussée pavée (au pas).
0.070	"	"		" (au grand trot).
0.024	"	"		madriers en bois.
0.017	"	"		macadam en bon état.

Frottement.

Le frottement est la résistance qui se produit lorsqu'on déplace un corps sur un autre, soit en le faisant glisser (frottement de glissement) soit en le faisant rouler (frottement de roulement).

Le coefficient de frottement est le nombre qui multiplié par la pression donne la résistance qu'oppose au déplacement le corps considéré.

En pratique on peut prendre comme coefficient (f) de frottement dans le cas de tourillons en fonte ou en fer sur coussinet en fer, fonte, bronze ou bois dur,

Pour un graissage non continu	0.07	à 0.11
Pour un graissage continu	0.035	à 0.055

Exemple : Quelle sera la résistance qu'offrira un tourillon en fer supportant une charge de 2000 lbs, le graissage étant continu ?

Le coefficient de frottement peut dans ce cas être pris égal à 0.04 en moyenne ; multipliant 0.04 par 2000 lbs on trouve 80 livres.

Le travail absorbé par le frottement s'obtient en multipliant le frottement calculé tel qu'il vient d'être dit ci-dessus par le chemin parcouru par la surface frottante. Dans l'exemple précédent, si on suppose que le tourillon ait 4″ de diamètre et qu'il fasse 300 tours par minute, le chemin parcouru sera égal à la circonférence multipliée par 300, soit 12.566 × 300 = 3769.8 ou en pieds 314, qui multiplié par 80 donne 2512 livres pieds. (Voir *Travail moteur*).

Frottement d'une corde sur un cylindre.

La force P capable de faire glisser une corde sur un cylindre en la tirant par une extrémité lorsque l'autre extrémité est soumise à l'action d'une résistance Q dépend, 1o. de l'état des surfaces, 2o. de la portion de circonférence sur laquelle porte la corde.

En appelant f le coefficient de frottement (voir tableau) S la longueur de l'arc sur laquelle la corde appuie, R le rayon du cylindre, on a

$$P = Q \times 2{,}718^{\frac{f \times S}{R}}$$

Cette formule ne peut se résoudre qu'en faisant usage des logarithmes. Si on prend pour f la valeur $\frac{1}{3}$ on trouve qu'une force P peut vaincre une autre force Q telle que :

$P = Q \times 1.69$ pour la corde portant sur le $\frac{1}{4}$ de la circonf.
$P = Q \times 2.85$ " " $\frac{1}{2}$ "
$P = Q \times 4.81$ " " $\frac{3}{4}$ "
$P = Q \times 8.12$ pour la corde enroulée sur la circonférence.
$P = Q \times 66$ pour la corde enroulée deux fois sur la circonférence.

Frottement de roulement.

Lorsqu'on veut déplacer une charge Q sur un plan horizontal en se servant de rouleaux, la force P qu'il faut appliquer dépend du diamètre d des rouleaux, des coefficients de frottement f, pour les rouleaux et le corps à déplacer, f_1, pour les rouleaux et la surface sur laquelle on déplace.

On a $P = (f + f_1) \frac{4\ Q}{10\ d}$ d exprimé en pouces.

Pour bois dur sur bois dur on peut prendre $f = 0.048$.
" " tendre " $f = 0.081$.
Pour roue en fonte sur rails " $f = 0.055$.



TABLEAU DES COEFFICIENTS DE FROTTEMENT, (Glissement).

Nature des corps frottants.	Disposition des fibres.	Etat des surfaces.	Coefficient de frottement.	
			au départ.	en mouvement.
Fonte sur fonte ou bronze........	....	peu graissées	0.16	0.15
	....	humides		0.31
Fer sur fonte ou bronze........	....	sèches	0.19	0.18
Fer sur fer........	....	sèches		0.40
	....	peu graissées	0.13	
Bronze sur fonte........	....	sèches		0.21
Bronze sur fer........	....	peu graissées		0.16
Bronze sur bronze........	....	sèches		0.20
Fonte sur chêne........	fibres dans le sens du mouvement	sèches		0.49
		humides	0.65	0.22
		savonnéesàsec		0.19
Fer sur chêne........	do	humides	0.65	0.26
		suiffées	0.11	0.08
Bronze sur chêne........	do	sèches	0.62	
	do	sèches	0.62	0.48
	do	savonnées à sec	0.44	0.16
Chêne sur chêne........	fibres d'une des pièces perpendiculaires et fibres de l'autre parall.	sèches	0·54	0.34
		humides	0.71	0.25
	fibr. perpendiculaires	sèches	0.43	0.19

TABLEAU DES COEFFICIENTS DE FROTTEMENT (Glissement), *Suite.*

Nature des corps frottants.	Disposition des fibres.	Etat des surfaces.	Coefficient de frottement. au départ.	Coefficient de frottement. en mouvement.
Bois moyennement dur sur chêne.	fibres parallèles	sèches	0.55	0.38
Corde en chanvre sur chêne.........	....	sèches	0.80	0.52
Corde neuve en chanvre ou coton sur fonte polie..........................	....	sèches		0.075
Courroie en cuir sur fonte polie.	....	neuves et sèches		0.095
	....	ne. et onctueuses		0.155
	....	vieil. avec camb.		0.20
Courroie en cuir sur fonte rugueuse..................................	....	neuves		0.26
	....	vieil. avec camb.		0.30
Cuir sur chêne..............................	en croute	sèches	0.61	
	uni sur champ	sèches	0.43	0.33
		humides	0.79	0.29
Courroie sur tambour en chêne......	fibres parallèles	sèches	0.47	0.27
Courroie en caoutch. sur fonte polie	....	neuves		0.20
Cuir, garniture de piston...............	....	non graissées		0.56
	....	humides	0.62	0.36
	....	huilées, savonn.	0.12	0.15
	....	humides, graiss.		0.23

Pour faire usage du tableau précédent, chercher dans le tableau le coefficient de frottement correspondant au cas considéré, multiplier ce coefficient par la charge sur la pièce, le produit représentera le frottement en livres.

Le frottement ainsi trouvé multiplié par le chemin parcouru en pieds par minute et divisé par 33000 donne le nombre de chevaux absorbés.

Résistance des matériaux.

Un corps soumis à un effort peut travailler 1o. par tension (corde), 2o. par compression (colonne), 3o. par torsion (arbre de transmission), 4o. par cisaillement (rivet), 5o. par flexion (poutre).

1° *Tension.*

La force est appliquée dans le sens de l'axe de la pièce et tend à l'allonger. On a alors en appelant F la charge à supporter, S la surface et R la résistance en livres que peut supporter la substance employée,

$$F = R \times S \text{ et } S = \frac{F}{R}.$$

D'où la règle suivante : Pour trouver la section qu'il faut donner à une pièce tendue soumise à un effort déterminé, diviser cet effort exprimé en livres par la résistance pratique en livres par pouce carré.

On calculera par ce moyen, un tirant, un câble, etc. L'allongement que prend une pièce tendue est donné par la formule suivante :

$$al^t = \frac{F}{S} \times \frac{L}{E} \text{ ou } \frac{R \times L}{E}$$

L étant la longueur primitive de la pièce et E une quantité appelée module d'élasticité. (Voir tableau.)

RÈGLE. —Pour obtenir l'allongement d'une pièce tendue, diviser l'effort auquel elle est soumise par la section, le résultat obtenu est l'effort en livres par pouce carré R, multiplier cet effort par la longueur en *pouces* et diviser par le module d'élasticité E.

Exemple : Quelle devra être la section d'une barre d'acier devant supporter une charge de 48000 lbs et quel sera l'allongement de cette barre, sachant que sa longueur primitive est de 70″ ?

On voit d'après le tableau donnant la résistance maximum des matériaux que l'acier peut supporter 12000 lbs par pouce carré et que son module d'élasticité est de 36,000,000.

Divisant la charge totale 48000 lbs par la résistance pratique 12000 on trouve 4″, comme section cherchée.

L'allongement s'obtiendra en multipliant l'effort en livres par pouce carré, 12000, par la longueur 70, ce qui donne 840,000, divisant le produit obtenu 840000 par le module d'élasticité 36,000,000 on trouve 0″ 023.

On calculerait de la même manière des étais (stays) de chaudière, des boulons, etc.

2° *Compression.*

L'effort est appliqué dans le sens de l'axe de la pièce mais tend à l'écraser tel que dans une colonne, un pilier.

Si la longueur d'une pièce n'est pas trop grande relativement à son plus petit côté, si elle a pour section un rec-

tangle, ou à son diamètre si elle a pour section un cercle, on peut appliquer les formules données pour l'extension.

$$F = R \times S \qquad\qquad S = \frac{F}{R}$$

Mais au delà d'une certaine limite, ces formules ne peuvent plus être employées, la pièce tendant à se courber ; cette limite dépend d'ailleurs des matériaux employés et de la manière suivant laquelle les extrémités sont appuyées.

Piliers en bois.—D'après le professeur Lanza, la charge produisant l'écrasement est, en appelant l la longueur de la pièce et c le plus petit côté de la section :

Pour le pin blanc,

pour $\frac{l}{c}$ =	0 à 10	10 à 35	35 à 45	45 à 60
charge =	2500	2000	1500	1000

Pour le pin jaune (Yellow pine),

pour $\frac{l}{c}$ =	0 à 15	15 à 30	30 à 40	40 à 45	45 à 50	50 à 60
charge =	4000	3500	3000	2500	2000	1500

Pour le chêne, on peut prendre 0.75 à 0.80 des chiffres donnés pour le pin jaune.

La charge pratique peut être prise égale à $\frac{1}{5}$ de la charge de rupture.

RÈGLE.—Pour calculer la charge que peut supporter une pièce de bois travaillant par compression, diviser sa longueur en pouces par le plus petit côté de sa section, chercher dans la ligne $\frac{l}{c}$ la valeur qui se rapproche le plus par

excès du quotient trouvé, lire le nombre placé au-dessous et multiplier la section de la pièce par ce nombre. On obtient ainsi la charge de rupture. On prendra comme charge pratique $\frac{1}{5}$ du résultat.

Ex. : Quelle charge peut supporter en toute sécurité une pièce de pin blanc ayant 10′ de long, la section de cette pièce ayant 3″ par 4″?

La longueur en pouces sera $10 \times 12 = 120$. Divisant 120 par le plus petit côté de la section 3″ on trouve $\frac{l}{c} = 40$; ce nombre, 40, étant compris entre 35 et 45, on prend pour charge de rupture en livres par pouce carré 1500. Multipliant 1500 par la section $3 \times 4 = 12$ de la pièce on trouve 18000 qui, divisé par 5, donne 3600 comme charge pouvant être supportée en sécurité.

Colonne en fonte. —La charge par pouce carré de section que peut supporter une colonne en fonte dont les surfaces d'appui sont bien dressées peut s'obtenir par la formule suivante :

1° *Colonne à section circulaire.*

$$\text{charge de rupture en livres par pouce carré} = \frac{80{,}000}{1 + \frac{(12\,l)^2}{800\,d^2}}$$

l longueur de la colonne en pieds.
d diamètre extérieur en pouces.

2° *Colonne à section carrée ou rectangulaire.*

$$\text{charge de rupture en livres par pouce carré} = \frac{80{,}000}{1 + \frac{3 \times (12\,l)^2}{3200\,d^2}}$$

l longueur de la colonne en pieds.
d plus petit côté du rectangle.

On peut prendre comme charge de sécurité $\frac{1}{10}$ de la charge de rupture calculée d'après les formules ci-dessus.

La charge totale s'obtient en multipliant l'aire de la section en pouces carrés par la charge de sécurité obtenue.

Règles. 1° Pour calculer la charge que peut supporter une colonne en fonte, à section circulaire, élever au carré la hauteur en pouces, diviser le résultat obtenu par 800 fois le carré du diamètre en pouces, ajouter 1 au quotient et diviser 80,000 par la somme ainsi trouvée, le quotient représentera la charge de rupture en livres par pouce carré de section. Cette charge multipliée par l'aire de la section (si la colonne est creuse, retrancher de l'aire totale l'aire du vide) donne la charge de rupture totale. Prendre $\frac{1}{10}$ de cette charge comme charge de sécurité.

Exemple : Combien pourra supporter une colonne en fonte ayant 12′ de haut, 6″ de diamètre extérieur et 1″ d'épaisseur de fonte ?

La hauteur de la colonne en pouces, est 144, dont le carré est 20736.

Le carré du diamètre est $6 \times 6 = 36$ qui, multiplié par 800, donne 28800. Divisant 20736 par 28800 on trouve 0.72 auquel on ajoute 1, ce qui donne 1.72. Divisant 80000 par 1.72 on obtient 46510 comme charge de rupture par pouce carré. La section s'obtiendra en retranchant de la section totale 0.7854×6^2, la section du creux ayant 6″— 2″ de diamètre, 0.7854×4^2 soit $28.27 - 18.86 = 15.71$.

Multipliant 15.71 par 46510 on trouve 729672 lbs dont le dixième est 72967 lbs comme charge de sécurité, soit à peu près 36 tonnes.

2° Pour calculer la charge que peut supporter une colonne en fonte à section carrée ou rectangulaire, élever au carré la hauteur en pouces et multiplier le nombre obtenu par 3 ; diviser ce nouveau produit par 3200 fois le carré du plus petit côté du rectangle, ajouter 1 au quotient et diviser 80000 par la somme ainsi trouvée. Le nombre obtenu représentera la charge de rupture en livres par pouce carré de la section. Cette somme multipliée par l'aire de la section (si la colonne est creuse, retrancher de l'aire totale l'aire du vide) donne la charge de rupture totale. Prendre $\frac{1}{10}$ de cette charge comme charge de sécurité.

3° *Torsion. (Twisting.)*

En appelant d le diamètre en pouces d'une pièce travaillant par torsion, P l'effort en livres produisant la rupture par torsion, p le bras de levier en pieds de cet effort et c une constante dépendant de la nature de la pièce tordue, on a

$$c = \frac{p \times P}{d^3}; \quad P = \frac{d^3 \times c}{p}; \quad p = \frac{d^3 \times c}{P}; \quad d^3 = \frac{p \times P}{c}$$

On peut prendre pour c les valeurs suivantes :

Fonte	600	Fer forgé	800
Acier puddlé	700	Acier fondu	1000 à 1700
Cuivre forgé	400	Pin blanc	20 à 25
Chêne	50	Frêne	40

RÈGLES.—1° Pour trouver l'effort produisant la rupture par torsion, élever au cube le diamètre en pouces, multiplier le nombre ainsi trouvé par la constante c et diviser le produit obtenu par la longueur en pieds du bras de levier.

Pour obtenir l'effort que pourra supporter pratiquement la pièce, diviser l'effort trouvé par le coefficient de sécurité.

2° Pour trouver la longueur du bras de levier, élever le diamètre au cube, multiplier le nombre trouvé par la constante c, et diviser le produit par l'effort de torsion.

Pour trouver le bras de levier correspondant à la résistance pratique, multiplier, avant d'appliquer la règle, l'effort par le coefficient de sécurité.

3° Pour trouver le diamètre, multiplier la longueur du bras de levier en pieds par l'effort de torsion, et diviser le produit par la constante c ; le résultat donne le cube du diamètre ; on obtiendra la racine cubique du nombre ainsi trouvé en faisant usage des tables (page 3).

Pour trouver le diamètre pratique, multiplier, avant d'appliquer la règle, l'effort de torsion par le coefficient de sécurité.

Exemples : 1° Quel effort de torsion pourra supporter pratiquement un arbre rond en fer, cet effort étant appliqué à l'extrémité d'un levier de 20″, le diamètre de l'arbre étant 4″ et en prenant 4 comme coefficient de sécurité ?

Elevant le diamètre au cube (page 3) on trouve 64 qui, multiplié par la constante 800, donne 51200 ; en divisant ce nombre par le bras de levier en pieds $\frac{20}{12}$, on obtient 30720 comme effort. Divisant 30720 par le coefficient de sécurité 4, on a 7680 qui réprésente l'effort que pratiquement l'arbre peut supporter.

2° Quel diamètre devra avoir une pièce ronde en fer pouvant supporter pratiquement un effort de torsion de 7680 lbs appliqué à l'extrémité d'un levier de 20″, le coefficient de sécurité étant 4 ?

Le coefficient de sécurité étant 4, calculer le diamètre pour un effort 4 fois plus grand, soit 7680 × 4 = 30720. 30720 multiplié par le bras de levier $\frac{20}{12}$ donne 51200 qui, divisé par la constante (fer forgé) 800, donne 64. En cherchant page 4 la racine cubique de 64, on trouve 4 qui est le diamètre en pouces demandé.

4° *Cisaillement, (Shearing).*

La résistance au cisaillement peut être considérée comme proportionnelle à la section.

RÈGLES.—1o. Pour trouver la section devant résister à un effort de cisaillement donné, diviser l'effort total par la résistance en livres par pouce carré.

2o. Pour trouver l'effort total de cisaillement auquel peut résister une pièce de section donnée, multiplier la section par la résistance en livres par pouce carré.

5° *Flexion.*

L'effort dans ce cas est perpendiculaire à l'axe de la pièce tel que dans le cas d'un levier. Il se présente de nombreux cas, nous n'étudierons que les suivants :

1° Pièce encastrée à une extrémité et libre à l'autre.

2° Pièce reposant à ses deux extrémités.

Il est nécessaire de faire entrer dans ces calculs une quantité appelée *moment de flexion*, cette quantité dépendant de la disposition des charges sur la pièce.

1° *Cas.—Pièce encastrée à une extrémité et libre à l'autre.* —En appelant M le moment de flexion, l la largeur de la pièce, h sa hauteur (section rectangulaire), c le côté (section carrée), d le diamètre (section circulaire), R l'effort auquel on peut soumettre la matière (en lbs par pouce carré), on a :

Section rectangulaire : (La rupture tend à se produire dans la section d'encastrement.)

$$M = \frac{l \times h^2 \times R}{6}\,;\quad h = \sqrt{\frac{6 \times M}{l \times R}}\,;\quad R = \frac{6 \times M}{l \times h^2}\,;\quad l = \frac{6 \times M}{h^2 \times R}$$

section carrée :

$$M = \frac{c^3 \times R}{6}\,;\qquad c = \sqrt[3]{\frac{6 \times M}{R}}\,;\qquad R = \frac{6 \times M}{c^3}$$

section circulaire :

$$M = 0.0982\,d^3 \times R\,;\quad d = \sqrt[3]{\frac{M}{0.0982 \times R}}\,;\quad R = \frac{M}{0.0982\,d^3}$$

La valeur de M s'obtient de la manière suivante :

Si la pièce supporte simplement à son extrémité une charge P (fig. 29), on a

$$M = P \times L$$

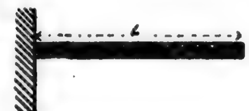
Fig. 29.

Si la pièce supporte une série de charges P P_2 P_3 (fig. 30), on obtient M en multipliant chaque charge par sa distance au point d'appui et en faisant la somme des produits.

Fig. 30.

$$M = P \times L + P_2 \times L_2 + P_3 \times L_3$$

Si la pièce supporte une charge uniforme $P = p\,L$, (fig. 31), on obtient M en multipliant la charge totale par la longueur et en prenant la moitié du produit.



$$M = \frac{P\,L}{2} = \frac{p\,L \times L}{2}$$

Fig. 31.

p étant la charge en livres par pouce de longueur.

La valeur de M ainsi trouvée sera portée dans les formules données page 103, se rapportant aux sections rectangulaire, carrée et circulaire.

En général, M peut être obtenu en cherchant le centre de gravité des charges et en multipliant la somme de ces charges par la distance du centre de gravité à la section d'encastrement de la pièce.

Exemples : 1° Quel poids pourra supporter un levier en acier de 4′ de long, sa section étant de 3″ de hauteur et 1″ d'épaisseur, l'acier pouvant supporter en toute sécurité un effort de 10000 lbs par pouce carré ?

Nous chercherons d'abord le moment M.

Or le moment, dans ce cas, est égal au produit du poids par la longueur en pouces $4' \times 12'' = 48''$, soit $48 \times P$.

D'autre part on a, page 103,

$$M = \frac{l \times h^2 \times R}{6} = \frac{1 \times 3^2 \times 10000}{6} = 15000$$

d'où $48 \times P = 15000$; $P = \frac{15000}{48} = 308$ lbs.

2o. Quelle devra être l'épaisseur d'une barre d'acier de 4′ de long supportant une charge uniforme de 200 lbs par pied plus une charge de 500 lbs à son extrémité et une autre charge de 300 lbs à 2′ de la section d'encastrement, la hauteur de la section étant 4″? (fig. 32).



Fig. 32.

Le moment M sera :

1o. Charge totale multipliée par la longueur =

$$\frac{(4 \times 200) \times 4 \times 12}{2} = 19200.$$

2o. La charge 500 par sa distance en pouces à la section d'encastrement (distance en pouces 4×12).

$$4 \times 12 \times 500 = 24000$$

3o. La charge 300 par sa distance (2×12).

$$300 \times 2 \times 12 = 7200$$

faisant la somme

$$M = 19200 + 24000 + 7200 = 50400$$

remplaçant dans la formule (page 103)

$$l = \frac{6 \times M}{h^2 \times R}$$

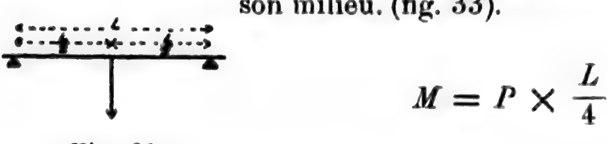
M par 50400, h par 4 et R par 10000

on a $$l = \frac{6 \times 50400}{4^2 \times 10000} = 1'\ 89 \text{ soit } 1'\ \tfrac{9}{10}$$

2o *Cas.—Pièce reposant librement sur appuis à ses deux extrémités.*

Les formules sont les mêmes que dans le cas précédent sauf en ce qui concerne les valeurs du moment de flexion qui sont les suivantes ;

1o. La pièce supporte une charge unique, P, située en son milieu. (fig. 33).



$$M = P \times \frac{L}{4}$$

Fig. 33.

2o. La pièce supporte une charge uniformément répartie (fig. 34). P charge totale = charge par pied × long. en pieds.

$$M = \frac{P \times L}{8}$$

Fig. 34

Exemple : Quelle charge uniforme pourra supporter une poutre en bois ayant 15′ de long, 10″ de haut, 3″ d'épaisseur ? ($R = 800$).

$$M = \frac{3 \times 10^2 \times 800}{6} = 40000$$

$$\text{or } M = P \times \frac{L}{8} = P \times \frac{15 \times 12}{8} = P \times 22{,}50$$

$$\text{d'où } P \times 22{,}50 = 40000\ ;\ P = \frac{40000}{22.50} = 1777 \text{ lbs.}$$

On peut également employer les formules suivantes dans lesquelles P est la charge en tonnes amenant la rupture, h, la hauteur en pouces, l, la largeur en pouces (section rectangulaire), r, le rayon en pouces (section circulaire), L, la longueur en pouces.

Pièce encastrée à une extrémité et chargée à l'autre. (Voir fig. 29.)

$$P = \frac{c \times l \times h^2}{L}$$

Pièce uniformément chargée encastrée à une extrémité. (Voir fig. 31.)

$$P = \frac{2c \times l \times h^2}{L}$$

Pièce reposant librement sur appuis à ses deux extrémités et supportant une charge unique en son milieu. (Voir fig. 33.)

$$P = \frac{4c \times l \times h^2}{L}$$

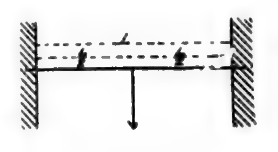


Fig. 35.

Pièce encastrée à ses deux extrémités et supportant une charge unique en son milieu (fig. 35).

$$P = \frac{6c \times l \times h^2}{L}$$

Pièce uniformément chargée reposant sur appuis à ses deux extrémités. (Voir fig. 34.)

$$P = \frac{8c \times l \times h^2}{L}$$

Pièce uniformément chargée encastrée à ses deux extrémités (fig. 36).

$$P = \frac{12c \times l \times h^2}{L}$$

Fig. 36.

Pour les sections circulaires, remplacer $l \times h^2$ par $4, 7 \times r^3$. on peut prendre pour c les valeurs suivantes :

fer forgé	3.40	fonte	2.30	sapin (spruce)	0.60
chêne anglais	0.75	pin rouge	0.65	pin jaune	0.50
		pitch-pine	0.75		

On ne doit pas dépasser pour la charge pratique $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{8}$ de la charge de rupture.

TABLE DES RÉSISTANCES.

Nature des matériaux.	Résistance de rupture. *			Module d'élasticité.
	à la tension.	à la compression.	au cisaillement.	
Fonte	16.000	95.000	25.000	17.000.000
Fer forgé	50 000	40.000	45.000	29.000.000
Acier doux non trempé	80.000	70.000	55.000	36.000.000
" trempé	120.000			30.000.000
Acier fondu pour ressorts	140.000			42.000.000
Cuivre fondu	19 000			18.000.000
" forgé	34.000			15.600.000
Bronze (Gun metal)	36.000			
Laiton	18.000	10.300		9.200.000
Fil de Laiton	49.000			1.420.000
Frêne (Ash)	16.000	6 800		1.600.000
Hêtre (Beech)	17.000	7.000		1.300.000
Pin blanc (White pine)	10.000	5.400	250 à 500	1.600.000
Chêne (Oak)	10.000 à 20.000	7.000	400 à 700	1.500.000
Bouleau (Birch)	15.000	8.000		1.400.000
Noyer noir (Black walnut)	16.000	8.000		
Orme (Elm)				1.000.000
Acajou (Mahogany)	8.000 à 22.000			1.400.000

TABLE DES RÉSISTANCES, (*Suite*).

Nature des matériaux.	Résistance de rupture. *			Module d'élasticité.
	à la tension.	à la compression.	au cisaillement.	
Cèdre, améric. (Cedar, americ).	10.300	6.000		
" du Liban (" of Libanon).	11.400	5.900		
Maçon. en brique et ciment. ord.	...	300 à 600		
" " " extra.	280 à 300	1.000		
Verre.	9.400	...	...	8.000.000
Ardoise.	9.600 à 12.800	...	...	14.500.000
Mortier ordinaire.	50			
Granit.	...	5.000 à 18.000		
Pierre à chaux.	...	4.000 à 16.000		
Grès rouge.	...	2.500 à 10.000		
Cuir employé pour courroies.	4.200	...	...	25.000
Cable en chanvre, nouveau.	17.000	...	...	355.000
" " vieux.	7.000	...	...	71.000

* Pour avoir la charge pratique diviser la charge de rupture par le coefficient de sécurité.

Frein Prony (Brake horse power).

Le frein de Prony est employé pour déterminer la puissance d'une machine.

L'extrémité libre (fig. 37) peut, soit supporter des poids, soit agir sur une balance à ressort, soit enfin agir sur une bascu'e. Il faut ajouter aux poids nécessaires pour faire l'équilibre le poids du levier qu'on détermine en pesant ce levier par son extrémité libre, l'autre extrémité étant supportée. On peut aussi équilibrer le poids du levier à l'aide d'une masse : la machine étant en marche, on serre les écrous *a a* jusqu'à ce que l'arbre fasse le nombre de tours qu'il doit faire normalement, le poids ou l'effort à l'extrémité étant P, on a

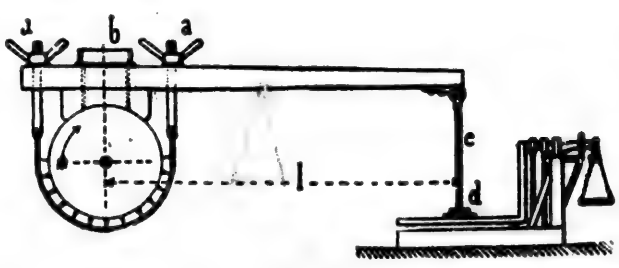


Fig. 37.

$$\text{nombre de chevaux ou puissance réelle} = \frac{2\,\pi\,l\,n\,P}{33000}$$

$$\text{ou} \qquad = 0.0001904\; l \times n \times P$$

Règle.—Multiplier la distance entre l'axe de l'arbre et le point où agissent soit les poids, soit la balance, par ces poids ou le poids marqué par la balance, multiplier ce produit par le nombre de tours, puis le ıésultat par 0.0001904 le produit obtenu est le nombre de chevaux.

Conseils pratiques pour l'emploi du frein.—Placer le levier au-dessous de l'arbre, l'équilibre est plus stable, sauf dans le cas où on emploie une balance ou bascule.

Graisser continuellement avec du suif les surfaces en contact ou les arroser avec de l'eau contenant $\frac{1}{10}$ de savon mou.

Employer des taquets ou butoirs solides limitant le mouvement des leviers. On ne tient pas compte des expériences dans lesquelles le levier vient souvent sur le butoir. Pour diminuer les secousses, on peut placer, sous l'un des écrous, des rondelles en caoutchouc ou employer un frein hydraulique.

L'essai d'un moteur hydraulique doit durer au moins 10 minutes, un temps plus long est nécessaire pour une machine à vapeur.

On mesure facilement jusqu'à 60 et 80 chevaux et, avec des soins, on peut aller jusqu'à 350 chevaux.

Il existe d'autres types de freins basés sur le même principe.



CHAPITRE III.

ORGANES DES MACHINES.

Câbles.

En appelant D le diamètre du câble en pouces, R la résistance en livres par pouce carré que peut supporter le câble, P la charge totale à laquelle il doit être soumis, on a

$$P = 0.7854 \times D^2 \times R ; \qquad D = \sqrt{\frac{P}{0.7854 \times R}}$$

Pour les câbles en chanvre, la valeur de R est très variable ; elle dépend des soins apportés à la fabrication, de la qualité des fibres et des conditions d'entretien du câble.

Pour les câbles métalliques, on peut prendre comme charge de rupture 40000 pour les câbles en fer et 80000 pour ceux en acier.

Les formules ci-dessus deviennent alors :

pour les câbles en fer $P=31400 \times D^2$; $D=0.00562 \sqrt{P}$

" " acier $P=62800 \times D^2$; $D=0.004 \sqrt{P}$

En prenant 8 comme coefficient de sécurité, on trouve :

pour les câbles en fer $P=4000 \times D^2$; $D=0.01563 \sqrt{P}$

" " acier $P=8000 \times D^2$; $D=0.0111 \sqrt{P}$

Règles.—1° Pour trouver la charge que peut supporter pratiquement (coefficient de sécurité 8) un câble métallique, élever le diamètre au carré et multiplier le nombre ainsi trouvé par 4000 si le câble est en fer ou par 8000 s'il est en acier.

2° Pour trouver le diamètre que doit avoir un câble devant supporter pratiquement (coefficient de sécurité 8) une charge donnée en livres, prendre la racine carrée de la charge en livres et multiplier cette racine par 0.01563 si le câble est en fer ou par 0.0111 s'il est en acier.

La charge de rupture s'obtiendrait en appliquant la 1re règle mais en multipliant par 31400 au lieu de 4000 dans le cas de câble en fer ou par 62800 au lieu de 8000 dans le cas de câble en acier.

Exemples : 1° Quelle charge pourra pratiquement supporter un câble en fer de 2″ de diamètre, coefficient de sécurité 8 ?

Le carré du diamètre 2 est 4 qui multiplié par 4000 donne 16000 lbs.

2° Quel sera le diamètre d'un câble en acier devant supporter pratiquement une charge de 32000 lbs (cofficient de sécurité) ?

On cherchera la racine carrée de 32000 qui est 178.88 ; multipliant ce nombre par 0.111 on obtient 1.98, soit en pratique 2″.

TABLE DES CHARGES QUE PEUVENT SUPPORTER PRATIQUEMENT LES CABLES EN CHANVRE NON GOUDRONNÉS.

Diamètre en pouces et décimales.	Circonférence en pouces.	Poids du cable en lbs par pied courant.	Charge pratique.
0.239	$\frac{3}{4}$	0.020	94
0.318	1	0.033	130
0.477	1 $\frac{1}{2}$	0.074	260
0.636	2	0.132	457
0.795	2 $\frac{1}{2}$	0.206	713
0.955	3	0.30	1020
1.11	3 $\frac{1}{2}$	0.404	1423
1.27	4	0.53	1926
1.43	4 $\frac{1}{2}$	0.67	2464
1.59	5	0.825	3060
1.75	5 $\frac{1}{2}$	1.00	3660
1.91	6	1.19	4256
2.07	6 $\frac{1}{2}$	1.39	4855
2.23	7	1.62	5450
2.39	7 $\frac{1}{2}$	1.86	6050
2.55	8	2.11	6645
2.86	9	2.67	7840
3.18	10	3.30	9035
3.50	11	4.00	10230

La résistance des câbles mouillés n'est que les $\frac{2}{3}$ de la résistance des câbles secs ; celle des câbles goudronnés n'est que les $\frac{3}{4}$ de la résistance des cordes blanches.

Chaînes.

Le poids que peut supporter pratiquement une bonne chaîne est, d'après Reuleaux :

pour chaîne à maillons ordinaires $P = 14000\,d^2$

pour chaîne à maillons avec étançon (*stay*) $P = 21000\,d^2$

on tire de là,

$$\text{chaîne à maillons ordinaires} \quad d = 0.0085 \sqrt{P}$$
$$\text{" \quad " \quad avec étançon} \quad d = 0.0069 \sqrt{P}$$

RÈGLE.—Pour trouver le diamètre des maillons d'une chaîne devant supporter une charge donnée, prendre la racine carrée de cette charge en livres et multiplier le résultat par 0.0085 dans le cas d'une chaîne ordinaire et par 0.0069 pour une chaîne avec étançon, (*stay link*).

La table suivante donne les charges produisant la rupture pour les chaînes dont le diamètre est dans la première colonne : la charge pratique ne doit pas dépasser $\frac{1}{4}$ de la charge indiquée.

TABLEAU INDIQUANT LES CHARGES DE RUPTURE (chaînes).

Diamètre des mailles.	Poids de la chaine par pied courant.	Charges de rupture.		Diamètre des mailles.	Poids de la chaîne par pied courant.	Charges de rupture.	
		en livres.	en tonnes. (2240 lbs)			en livres.	en tonnes. (2240 lbs)
3/16	0.5	1731	0.773	1	10.7	49280	22.
1/4	0.8	3069	1.37	1 1/8	12.5	59230	26.44
5/16	1.	4794	2.14	1 1/4	16.	73100	32.64
3/8	1.7	6922	3.09	1 3/8	18.3	88300	39.42
7/16	2.	9408	4.20	1 1/2	21.7	105280	47.00
1/2	2.5	12320	5.50	1 5/8	26	123500	55.14
9/16	3.2	15590	6 96	1 3/4	28	143300	63.97
5/8	4.3	19220	8.58	1 7/8	32	164500	73.44
11/16	5.	23274	10.39	2.	38	187000	83.55
3/4	5.8	27690	12.36	2 1/4	54	224500	100.2
13/16	6.7	32300	14.42	2 1/2	71	277100	123.7
7/8	8.	37630	16.80	2 3/4	88	335000	149.7
15/16	9.	43280	19.32	3.	105	398900	178.1

CHAINES DE GRUES.

Diamètre.	Poids par pied courant.	Charge de rupture.
$\frac{3}{8}$	1.5	8960
7/16	2.	13440
$\frac{1}{2}$	2.5	15680
9/16	3.2	22400
$\frac{5}{8}$	4.1	26880
11/16	5.	31360
$\frac{3}{4}$	5.8	38080
13/16	6.6	44800
$\frac{7}{8}$	7.7	51520
15/16	8.9	58240
1	10.	62720
$1\frac{1}{8}$	12.5	82880
$1\frac{1}{4}$	15.5	100800
$1\frac{3}{8}$	18.5	120960
$1\frac{1}{2}$	22.	143360

Ressorts.

En appelant G le coefficient de torsion, (G peut être égal à $\frac{2}{5}$ de E, voir tableau page 108,) E le module d'élasticité, P le poids que peut supporter un ressort, R la résistance pratique du métal employé exprimée en livres par pouce carré, h l'épaisseur et b la largeur des plaques ou barres employées (ressorts à lames rectangulaires), d le diamètre des fils (ressorts ronds), et D le diamètre des spires, le tableau ci-après donne les formules à appliquer pour déterminer 1o. la charge que peut supporter le ressort, 2o. la flèche ou la déflection que prend le ressort sous l'influence de cette charge.

Types des ressorts.	*P* Poids que peut supporter un ressort.	f Flèche ou déflection.	Observations.
Fig. 38.	$P = \frac{R \times n \times b \times h^2}{6 \times L}$	$f = \frac{6 \times P \times L^3}{E \times n \times b \times h^3}$	*n*, nombre de lames *L*, longueur de la plus grande lame.
Fig. 39.	$P = \frac{R \times b \times h^2}{6 \times R'}$	$f = \frac{12 P \times l \times R'^2}{E \times b \times h^3}$	*R'*, distance du point d'application de la force *P* produisant la torsion à l'axe du ressort.
Fig. 40.	$P = \frac{R \times \pi \times d^3}{32 \times R'}$	$f = \frac{64 \times P \times l \times R'^2}{\pi \times E \times d^4}$	do

Fig. 40.	$P=\frac{R \times \pi \times d^3}{32 \times R'}$	$f=\frac{64 \times P \times l \times R'^2}{\pi \times E \times d^4}$	do

Types des ressorts.	P Poids que peut supporter le ressort.	f Flèche ou déflection.	Observations.
Fig. 41.	$P=\frac{2R}{D} \times \frac{b^2 \times h^2}{3\,(0.4\,b+0.96\,h)}$	$f=\frac{3 \times P \times D^2 \times l}{4\,G} \times \frac{b^2+h^2}{b^3 \times h^3}$	D, diamètre des spires. Si le ressort est à fil carré, $b=h=c$ (côté du carré), la formule devient alors $P=\frac{9800 \times c^3}{D}$
Fig. 42.	$P=\frac{2\,R}{D} \times \frac{b^2 \times h^2}{3\,(0.4\,b+0.96\,h)}$	$f=\frac{3}{2}\ \frac{R \times D^2 \times l}{4\,G} \times \frac{b^2+h^2}{b^3 \times h^3}$	D, diamètre de la plus grande des spires.
Ressort en hélice à fil rond (Ressort de soupape, etc).	$P = R \times \frac{\pi}{8} \times \frac{d^3}{D}$	$f=\frac{32}{\pi} \times \frac{P \times D^2 \times l}{4\,G \times d^4}$	D, diamètre des spires.
Ressort à spirale plate (analogue aux ressorts de sonnette, de montre, etc.	$P=\frac{R \times b \times h^2}{6 \times R'}$	$f=\frac{12 \times P \times l \times R'^2}{E \times b \times h^3}$	R', distance du point d'application de la force P produisant la torsion à l'axe du ressort; l, longueur de la spire développée.

Exemple : Quelle sera la largeur d'un ressort formé par une seule lame d'acier ayant 0″ 5 d'épaisseur et 15″ de longueur, supportant à son extrémité un poids de 100 lbs ?

En prenant $R = 40000$ et en employant la formule figure 38 on a

$$100 = \frac{40000 \times 1 \times l \times 0.5^2}{6 \times 15} \text{ d'où } l = \frac{100 \times 6 \times 15}{40000 \times 0.5^2} = 0.9$$

Pour trouver la flexion, en employant la formule

$$f = \frac{6 \times P \times L^3}{E \times n \times l \times h^3}$$

on a

$$f = \frac{6 \times 100 \times 15^3}{42000000 \times 0.9 \times 0.5^3} = 0.43$$

On peut utiliser pour les ressorts en hélice tels que ceux employés pour les soupapes de sûreté, les formules suivantes données par le " Board of Trade " anglais :

1o. *fil carré* $c = \sqrt[3]{\frac{P \times D}{11000}}$; $D = \frac{11000 \times c^3}{P}$;

$$P = \frac{11C00 \times c^3}{D}$$

2o. *fil rond* $d = \sqrt[3]{\frac{P \times D}{8000}}$; $D = \frac{8000 \times d^3}{P}$;

$$P = \frac{8000 \times d^3}{D};$$

c, côté du carré, *d*, diamètre du fil, *D*, diamètre des spires.

Arbres de transmission.

Ces arbres sont soumis a un effort de torsion et souvent aussi à un effort de flexion. Ce qui suit se rapporte seulement au cas où ces organes ne sont soumis qu'à un effort de torsion. En appelant P, l'effort tendant à tordre l'arbre, l, le bras de levier de cet effort, d, le diamètre de l'arbre, on a

$$d = \sqrt[3]{\frac{P \times l}{R} \times 5.1} = 1.72 \sqrt[3]{\frac{P \times l}{R}}$$

On peut prendre $R = 7000$ pour le fer, 3500 pour la fonte et 11000 pour l'acier.

On trouve alors

arbres en acier	$d = 0.077 \sqrt[3]{P \times l}$
" " fer	$d = 0.091 \sqrt[3]{P \times l}$
" " fonte	$d = 0.114 \sqrt[3]{P \times l}$

Règle.—Multiplier l'effort par le bras de levier en pouces, prendre la racine cubique du produit et multiplier le résultat par 0.091 (arbre en fer), ou 0.114, (arbre en fonte), ou 0.077, (arbre en acier).

Exemple : Calculer le diamètre d'un arbre en fer sur lequel est montée une roue d'engrenage de 15″ de rayon, l'effort exercé sur les dents de la roue étant de 5000 lbs.

On a alors $P = 5000$, bras de levier $l = 15''$, multipliant 5000 par 15 on a 75000 dont la racine cubique est 42.17, multipliant 42.17 par 0.091 on trouve 3″ 84 pour diamètre.

Si on connaît le nombre de chevaux-vapeur à transmettre et le nombre de tours par minute, on peut employer les formules suivantes dans lesquelles N est le nombre de chevaux et n le nombre de tours :

pour arbres en	acier		$d = 2.80 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$
"	"	fer	$d = 3.33 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$
"	"	fonte	$d = 4.20 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$

RÈGLE.—Diviser le nombre de chevaux à transmettre par le nombre de tours par minute, prendre la racine cubique du quotient obtenu, puis multiplier le résultat par 2.80 pour les arbres en acier, 3.33 pour les arbres en fer et 4.20 pour les arbres en fonte.

La distance entre chaque palier peut être obtenue par la formule

$$L = 5 \sqrt[3]{d^2} \text{ à } L = 4.8 \sqrt[3]{d^2}$$

la première des deux valeurs étant à employer quand un arbre ne supporte que son poids et la seconde quand des poulies sont montées sur l'arbre. L est la distance en pieds, d, le diamètre en pouces.

Le tableau ci-après donne le nombre de chevaux transmis par un arbre de diamètre déterminé, le nombre de tours que fait l'arbre étant supposé 100.

Diamètre de l'arbre en pouces.	Nombre de chevaux transmis.		
	par un arbre principal.	par un arbre secondaire ayant 8 pieds entre les supports.	par un arbre transmettant simplement le mouvement.
1 $\frac{1}{2}$			6.7
1 $\frac{5}{8}$			8.6
1 $\frac{3}{4}$	4.3	6	10.7
1 $\frac{7}{8}$		7.3	13.2
2	6.4	8.9	16
2 $\frac{1}{8}$		10.6	19
2 $\frac{1}{4}$	8.1	12.6	22
2 $\frac{3}{8}$		15	27
2 $\frac{1}{2}$	12.5	17	31
2 $\frac{3}{4}$	16	23	41
3	20	30	54
3 $\frac{1}{4}$	27	38	68
3 $\frac{1}{2}$	34	47	85
3 $\frac{3}{4}$	42	58	
4	51	71	
4 $\frac{1}{2}$	72		
5	100		
5 $\frac{1}{2}$	133		

RÈGLES.—1o. Pour trouver le nombre de chevaux que peut transmettre un arbre dont on donne le diamètre, le nombre de tours étant connu, prendre dans le tableau ci-dessus le diamètre, lire le nombre de chevaux correspondant au genre d'arbre, multiplier ce nombre de chevaux par le nombre de tours et diviser le produit par 100.

Exemple : Combien peut-on transmettre de chevaux avec un arbre principal dont le diamètre est $3''\frac{1}{4}$, le nombre de révolutions étant 250 ?

En face de 3″ $\frac{1}{4}$ on lit 27, multipliant 27 par 250 on trouve 6750 qui, divisé par 100, donne 67 chevaux $\frac{5}{10}$.

2o. Pour trouver le diamètre que doit avoir un arbre faisant un nombre de tours connu, le nombre de chevaux à transmettre étant également connu, multiplier le nombre de chevaux par 100, diviser le résultat par le nombre de tours, et chercher dans le tableau l'arbre pouvant transmettre le nombre de chevaux ainsi modifié.

Exemple : Quel devra être le diamètre d'un arbre secondaire faisant 300 tours par minute pour transmettre 90 chevaux ?

Le nombre de chevaux, 90, multiplié par 100, donne 9000 qui, divisé par le nombre de tours 300, donne 30. Cherchant dans le tableau (arbre secondaire) le diamètre correspondant à 30 chevaux on trouve 3″, il faudra par suite un arbre ayant un diamètre de 3″.

Tourillons, (Journals).

On peut diviser les tourillons en deux classes :

1o. Tourillons d'extrémités ou tourillons frontaux (overhung journals).

2o. Tourillons intermédiaires (neck journals).

Tourillons d'extrémités.—Ce sont les tourillons se prolongeant et, par suite, chargés seulement sur un côté.

En appelant P la charge totale sur le tourillon, n le nombre de tours par minute, l, la longueur et d, le diamètre, on peut calculer l et d à l'aide des formules données ci-après :

Nature.	Mouvement très lent.	Mouvement lent, le nombre de tours étant inférieur à 150 par minute.		Mouvement rapide, le nombre de tours étant supérieur à 150 par minute.	
		Pression constante.	Pression intermittente	Pression constante.	Pression intermittente.
Tourillons en fer.	$l = 0.5\,d$ $d = 0.017\sqrt{P}$	$l = 1.5\,d$ $d = 0.03\sqrt{P}$	$l = d$ $d = 0.027\sqrt{P}$	$l = (0.13\sqrt{n}) \times d$ $d = 0.0244\sqrt{\frac{l}{d}}\sqrt{P}$	$l = (0.08\sqrt{n}) \times d$ $d = 0.0273\sqrt{\frac{l}{d}}\sqrt{P}$
Tourillons en fonte.	$l = 0.5\,d$ $d = 0.0248\sqrt{P}$	$l = 1.5\,d$ $d = 0.045\sqrt{P}$	$l = d$ $d = 0.037\sqrt{P}$		
Tourillons en acier.	$l = 0.5\,d$ $d = 0.0135\sqrt{P}$	$l = 1.94\,d$ $d = 0.027\sqrt{P}$	$l = 1.3\,d$ $d = 0.024\sqrt{P}$	$l = (0.17\sqrt{n}) \times d$ $d = 0.019\sqrt{\frac{l}{d}}\sqrt{P}$	$l = (0.10\sqrt{n}) \times d$ $d = 0.02\sqrt{\frac{l}{d}}\sqrt{P}$

RÈGLES.—1o. Pour trouver le diamètre d'un tourillon faisant moins de 150 tours par minute, prendre la racine carrée de la charge qu'il supporte et multiplier cette racine par le nombre placé devant $\sqrt{P}$ dans le tableau précédent (choisir ce nombre suivant le cas). La longueur l s'obtiendra ensuite en multipliant la valeur de d trouvée par 0.5, 1.5 ou 1.94. (Voir tableau.)

Exemple : Quelles seront les dimensions d'un tourillon en fer faisant 100 tours par minute, la pression constante sur ce tourillon étant de 36000 lbs ?

La charge étant de 36000 lbs on trouve, en prenant la racine carrée, 189.7 qui multiplié par 0.03 (voir tableau) donne 5.691 soit $5\frac{7}{10}$. La longueur l sera $5.7 \times 1.5 = 8''\frac{55}{100}$.

2o. Pour trouver le diamètre d'un tourillon faisant plus de 150 tours par minute, prendre la racine carrée du nombre de tours et multiplier cette racine par 0.13, 0.17, 0.08 ou 0.1 suivant le cas (voir tableau), on obtient ainsi un nombre (A) qui, multiplié par le diamètre, donnera la longueur. On multiplie ce nombre A par la charge sur le tourillon, on prend la racine carrée du produit et le résultat, multiplié par 0.0244, 0.019, 0.0273 ou 0.02 suivant le cas (voir tableau), donnera le diamètre cherché. Ce diamètre multiplié par le nombre A précédemment trouvé donnera la longueur l.

Exemple : Quels seront le diamètre et la longueur du tourillon d'une roue en acier faisant 300 tours par minute, la charge étant de 2000 lbs ?

Le nombre de tours étant 300, on en prend la racine carrée qui est 17.32, multipliant 17.32 par 0.17 (voir

tableau), on trouve 2.94 ; multipliant 2.94 par la charge 2000 et prenant la racine carrée du produit on obtient 76.7 qui, multiplié par 0.019 (voir tableau), donne $1'.\frac{46}{100}$ comme diamètre ; la longueur sera $1.46 \times 2.94 = 4''\frac{3}{10}$.

Tourillons intermédiaires. (Neck Journals.)

Ce sont des tourillons se prolongeant des deux côtés ; leur diamètre dépend du diamètre de l'arbre. Néanmoins on leur donne généralement la longueur qu'aurait un tourillon d'extrémité travaillant dans les mêmes conditions.

Tourillons encastrés. (Fork Journals.)

Lorsqu'un tourillon est encastré à ses deux extrémités on peut lui donner un diamètre moindre que dans le cas d'un tourillon ordinaire. Les formules ci-après peuvent être appliquées.

	Tourillons en en fer.	Tourillons en fonte.	Tourillons en acier.
Nomb. de tours inférieur à 150 par minute.	$l = d$ $d = 0.0121 \sqrt{P}$	$l = d$ $0.0171 \sqrt{P}$	$l = d$ $0.0095 \sqrt{P}$
Nomb. de tours supérieur à 150 par minute.	$l = 3\,d$ $d = 0.0212 \sqrt{P}$	$l = 3\,d$ $d = 0.029 \sqrt{P}$	$l = 3\,d$ $d = 0.0185 \sqrt{P}$

Pivots.

Les pivots ne travaillent en général que dans le sens de l'arbre ; quelquefois cependant ils sont soumis à des efforts transversaux ; ils devront alors satisfaire aux conditions données pour les tourillons.

En appelant d, le diamètre du pivot, P, la charge totale qu'il supporte et n, le nombre de tours par minute, le diamètre est donné par les formules suivante (Reuleaux) :

	Acier ou fer sur bronze.	Fonte sur bronze.	Acier ou fer sur lignum vitæ
Pour un pivot à mouvement lent.	$d = 0.035 \sqrt{P}$	$d = 0.05 \sqrt{P}$	
Pour un pivot faisant au plus 150 tours par minute.	$d = 0.05 \sqrt{P}$	$d = 0.07 \sqrt{P}$	$d = 0.035 \sqrt{P}$
Pour un pivot faisant plus de 150 tours.	$d = 0.004 \sqrt{P \times n}$		

Règles.—1° Pour les pivots à mouvement lent ou faisant moins de 150 tours, prendre la racine carrée de la charge en livres supportée par le pivot et multiplier le résultat par 0.035, ou 0.05, ou 0.07 suivant le cas. (Voir tableau ci-dessus.)

2° Pour les pivots faisant plus de 150 tours, multiplier la charge en livres supportée par le pivot par le nombre de tours par minute, prendre la racine carrée du produit et multiplier le résultat par 0.004.

Transmission par courroie.

Le travail est transmis par suite du frottement de la courroie sur la poulie.

RÈGLES.—1° Etant donnés le rayon et le nombre de tours d'une des poulies, pour trouver le nombre de révolutions de l'autre poulie dont on connait le diamètre, multiplier le diamètre de la première par son nombre de tours et diviser le produit par le diamètre de la seconde.

2° Etant donnés le rayon et le nombre de tours d'une des poulies et le nombre de révolutions que doit faire l'autre, pour trouver son diamètre, multiplier le nombre de tours de la première par son diamètre et diviser le produit par le nombre de tours que doit faire la deuxième.

Les courroies peuvent être en cuir, en coton ou en caoutchouc. La longueur d'une courroie peut s'obtenir en appliquant les formules suivantes dans lesquelles a représente la distance entre les axes, R et R' les rayons des roues, s, l'angle que fait la courroie avec la ligne des axes :

1° Courroies croisées (crossed belts)

$$L = \frac{3.1416}{2} \times (R + R') \times \left(\frac{90 + s}{90}\right) + a \cos. s.$$

l'angle s se déduit de la formule $\sin. s = \dfrac{R + R'}{a}$

2° Courroies ouvertes (open belts)

$$L = \frac{3.1416}{2} \times (R + R') + (R - R') \times \frac{s \times 3.1416}{180} + a \cos. s.$$

l'angle s se déduit de la formule $\sin. s = \dfrac{R - R'}{a}$

Pour calculer l'angle *s*, déterminer la valeur *sin. s* à l'aide des formules ci-dessus, puis chercher dans la table (page 38) l'angle correspondant et le cosinus.

En représentant par *e*, l'épaisseur de la courroie, par *l*, sa largeur, par *v*, la vitesse en pieds par minute, par *N*, le nombre de chevaux à transmettre, par *D*, le diamètre d'une poulie et par *n*, le nombre de tours que fait cette poulie par minute, on a

$$l = \frac{N}{e \times c \times v} = \frac{3.8 \quad N}{e \times c \times D \times n}$$

pour le cuir *c* varie entre		0.0062	et	0.0098
" coton	"	0.0036	et	0.0068
" caoutchouc	"	0.0050	et	0.0082

Les valeurs les plus faibles de *c* sont applicables aux transmissons devant fonctionner dans les conditions les plus désavantageuses ; les valeurs les plus élevées s'appliquent au contraire aux transmissions fonctionnant dans les meilleures conditions.

Le diamètre de la poulie doit être au moins égal à 100 fois l'épaisseur de la courroie.

En pratique, l'épaisseur du cuir simple varie de $\frac{3}{16}$ à $\frac{7}{32}$. On fabrique des courroies à double, triple, quadruple et même quintuple épaisseur. Souvent on admet qu'une courroie double épaisseur n'offre qu'une résistance égale aux $\frac{10}{7}$ de celle d'une courroie simple.

RÈGLES.—1o. Pour trouver la largeur d'une courroie, multiplier son épaisseur en pouces par la vitesse en pieds par minute, et le résultat par la valeur de *c* choisie suivant

le cas. En divisant le nombre de chevaux par le produit ainsi obtenu, on trouve la largeur cherchée.

Exemple : Quelle sera la largeur d'une courroie en cuir double devant transmettre une puissance de 100 chevaux avec une vitesse de 3000 pieds ?

Prenant $\frac{6}{16}$ comme épaisseur et multipliant par 3000, puis par la valeur de c que l'on peut prendre égale à 0.007

on a $$\frac{6 \times 3000 \times 0.007}{16} = 7.85.$$

Divisant le nombre de chevaux 100 par 7.85 on trouve 12″.7 comme largeur.

2° Pour trouver la largeur d'une courroie, multiplier son épaisseur en pouces par le diamètre en pouces de la poulie, puis par le nombre de tours par minute, et enfin par la valeur de c choisie suivant le cas. Multiplier le nombre de chevaux par 3.8 et diviser le produit par le nombre précédemment obtenu.

Exemple : Quelle sera la largeur d'une courroie en cuir double devant transmettre 100 chevaux, le diamètre d'une des poulies, faisant 150 tours par minute, étant de 76″ ?

Prenant l'épaisseur égale à $\frac{6}{16}$ et multipliant par le diamètre 76, puis par le nombre de tours 150 et enfin par c pris égal à 0.007 on a

$$\frac{6 \times 76 \times 150 \times 0.007}{16} = 29,925.$$

Le nombre de chevaux 100 multiplié par 3.8 donne 380 ; divisant 380 par 29.925 on trouve 12″ 7.

Des formules précédentes on tire :

$$N = l \times e \times c \times v\,; \qquad N = \frac{l \times e \times c \times D \times n}{3.8}$$

Règles.—1° Pour trouver le nombre de chevaux que peut transmettre une courroie, multiplier sa largeur en pouces par son épaisseur en pouces, puis par la vitesse en pieds ; le résultat, multiplié par la valeur de c choisie suivant le cas, donne le nombre de chevaux cherché.

2° Pour trouver le nombre de chevaux que peut transmettre une courroie, multiplier la largeur par l'épaisseur en pouces, puis par le diamètre d'une des poulies en pouces et par le nombre de révolutions qu'elle fait par minute, le résultat, multiplié par la valeur de c choisie, puis divisé par 3.8, donne le nombre de chevaux cherché.

Avec une vitesse de 1000 pieds par minute une courroie en cuir de 1″ de largeur transmet :

épaisseur	simple	1 cheval $\frac{5}{10}$
"	double (léger)	2 chevaux $\frac{15}{100}$
"	double (fort)	2 chevaux $\frac{75}{100}$

Règles.—1o. Pour trouver la largeur d'une courroie devant transmettre un certain nombre de chevaux, multiplier le nombre de chevaux par 1000, diviser le produit par la vitesse ; le quotient divisé par 1.5, (épaisseur simple) 2.15 (épaisseur double, léger) 2.75, (épaisseur double, fort) suivant le cas, sera la largeur cherchée.

2o. Pour trouver le nombre de chevaux que peut transmettre une courroie, multiplier la largeur par 1.5, 2.15 ou 2.75 suivant le cas, multiplier le résultat par la vitesse, et

diviser le produit obtenu par 1000, le quotient sera le nombre de chevaux cherché.

Exemple : Combien de chevaux pourra-t-on transmettre avec une courroie de 12″, épaisseur double (fort), la vitesse étant de 3000 pieds ?

La largeur 12 multipliée par 2.75 puis par la vitesse 3000 donne 12 × 2.75 × 3000 = 99000 ; divisant 99000 par 1000 on trouve 99 chevaux.

Dans tous les calculs qui précèdent, on a supposé que la courroie portait environ sur la demi-circonférence des poulies ; le travail transmis, lorsqu'il n'en est pas ainsi, peut être obtenu en multipliant la valeur trouvée en appliquant les règles données, par les chiffres donnés dans le tableau ci-après.

Fraction de la circonférence.	Courroie en cuir.	Courroie en caoutchouc.
0.2	0.465	0.494
0.3	0.656	0.678
0.4	0.837	0.846
0.5	1.	1.
0.6	1.141	1.140
0.7	1.278	1.258
0.8	1.396	1.363
0.9	1.505	1.458
Circonf. entière.	1.606	1.539

Roues dentées, (Toothed Wheels).

Dans une transmission par roues dentées la plus petite des roues est appelée *pignon* et la plus grande simplement roue.

Les *cercles primitifs* (pitch-circle) sont les cercles *P* auxquels se réduiraient les roues si la transmission avait lieu par suite du simple frottement au contact de rouleaux.

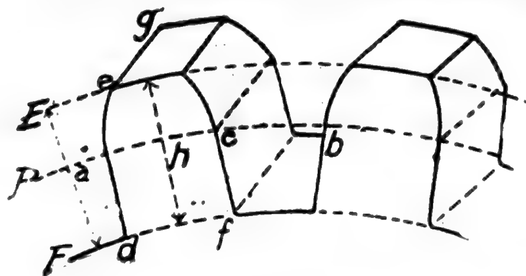


Fig. 43.

Le *cercle d'échanfrinement* est le cercle *E* limitant les dents extérieurement, il est à 0.3 de pas en dehors du cercle primitif ; le *cercle d'évidement* est le cercle *F* les limitant intérieurement, il se trouve à 0.4 de pas en dedans du cercle primitif.

Dans la fig. 43, *ab* est le *pas* (*p*) (*pitch or circular pitch*), il comprend l'épaisseur de la dent *a c* et le creux *c b*. On peut prendre $ac = 0.475$ du pas et $c\,b = 0.525$ du pas, il reste ainsi un jeu latéral de $\frac{1}{20}$ du pas. On fait également quelquefois usage du *pas diamétral* (*diametral pitch*) : il est égal au diamètre *D* du cercle primitif divisé par le nombre de dents *n*.

a d est le *flanc* de la dent, *a e* la *face*, *d f* la *racine*, *e g* la *largeur* (*b*), *E F* ou *h* la *hauteur*.

$$\text{Pas } (p) = \frac{3.1416\ D}{n} = 3.1416 \times \text{pas diamétral.}$$

$$\text{Pas diamétral } (p') = \frac{p}{3.1416} = \frac{D}{n} = 0.318\ p.$$

$$\text{Diamètre du Cercle primitif } (D) = \frac{p \times n}{3.1416} = 0.318\ p. \times n.$$

Pour trouver le diamètre, on emploie souvent la règle suivante : multiplier le pas réduit en 32èmes par le nombre de dents et diviser le produit par 100. Cette règle donne des résultats sensiblement égaux à ceux donnés par la formule précédente, on a en effet :

$$D = \frac{32 \times p \times n}{100} = 0.32\, p. \times n.$$

$$\text{Nombre de dents } (n) = \frac{3.1416\, D}{p}$$

Les proportions suivantes sont données par Unwin comme préférables à celles indiquées précédemment :

Epaisseur de la dent	$(a\ c)$	$=0.47\, p - 0.02$ à $0.48\, p - 0.03$
Largeur du creux	$(c\ b)$	$=0.53\, p + 0.02$ à $0.52\, p + 0.03$
Jeu	$(c\ b - a\ c)$	$=0.06\, p + 0.04$ à $0.04\, p + 0.06$
Haut. au-dessus du Cercle primitif	$(a\ e)$	$= 0.3\, p$ à $0.35\, p$
Profond. au-dessous "	$(a\ d)$	$=0\ 35\, p + 0.08$ à $0.4\, p + 0.08$
Hauteur totale de la dent	(h)	$=0.65\, p + 0.06$ à $0.75\, p + 0.08$

La vitesse v en pieds par minute est donnée par la formule $v = \dfrac{2 \times \pi \times D \times N}{12} = 0.2618 \times D \times N$

La pression P en lbs au contact des dents est donnée soit par la formule

$$P = \frac{33000 \times c \times 12}{\pi \times D \times N} = \frac{126050 \times c}{D \times N}$$

soit par la formule $P = \dfrac{33000 \times c}{v}$

c, nombre de chevaux à transmettre, N, nombre de tours.

D'après Reuleaux, on a

$$b \times p = 16.8 \times \frac{P}{R} = \frac{2.117.000 \times c}{D \times N \times R}$$

$$\text{d'où } c = \frac{b \times p \times D \times N \times R}{2.117.000}$$

R, résistance pratique du métal employé.

b, largeur de la dent.

N, nombre de tours.

Pour les roues dentées dont la vitesse à la circonférence est inférieure à 100 pieds par minute on peut prendre $b = 2\,p$.

$p = 0.045\ \sqrt{P}$ pour roues en fonte.
$p = 0.036\ \sqrt{P}$ pour roues en fer.
$p = 0.025\ \sqrt{P}$ pour roues en acier.

Pour les roues ayant une vitesse à la circonférence de plus de 100 pieds, il faut tenir compte des vibrations et des chocs produits, leur influence est d'autant plus grande que la vitesse est plus considérable.

D'après Reuleaux, la résistance *R* en livres par pouce carré est donnée pour la fonte par la formule

$$R = \frac{9600000}{v + 2164}$$

Pour l'acier, prendre 3 fois et $\frac{1}{3}$ la valeur donnée pour la fonte, et pour le bois $\frac{6}{10}$.

Pour prévenir l'usure, il faut que, d'après le même auteur, en multipliant la pression au contact des dents

par le nombre de tours et en divisant ce produit par la largeur b, le résultat soit inférieur à 28000 pour les roues en fer et 15000 pour les roues en bois.

Les formules suivantes peuvent être employées :

$$p = 4.1 \sqrt{\frac{p}{b} \times \frac{P}{R}} = 1456 \sqrt{\frac{p}{b} \times \frac{c}{D \times N} \times \frac{1}{R}}$$

ou

$$\frac{p \times b \times R}{16} = P\ ; \qquad c = \frac{p \times b \times D \times N \times R}{2.120.000}$$

La résistance R en livres par pouce carré varie avec la vitesse ; on prendra les valeurs données ci-après :

pour	$v =$	200	400	800	1200 pieds
	$R =$	3100	2900	2700	2550 lbs
pour	$v =$	1600	2000	2300 pieds	
	$R =$	2400	2100	2000 lbs	

Règles. — 1° Pour trouver le pas, étant donnés la pression au contact des dents et le rapport $\frac{p}{b}$ du pas à la largeur de la dent, diviser la pression par la résistance en livres par pouce carré correspondante à la vitesse, multiplier le quotient par le rapport entre le pas et la largeur puis prendre la racine carrée du produit et multiplier cette racine par 4.1.

Si on donne le nombre de chevaux c, le diamètre D et le nombre de tours N, on pourra soit chercher la pression P correspondante à l'aide de la formule donnée plus haut et procéder comme dans le cas précédent, soit employer la 2e formule.

2° Pour trouver le nombre de chevaux que peut transmettre une roue dentée dont on connait le pas p, la largeur b, le diamètre D et le nombre de tours N, faire le produit du pas par la largeur, multiplier le résultat par le diamètre, puis par le nombre de tours et la résistance correspondante à la vitesse et diviser le tout par 2.120.000.

Exemple : Combien pourra-t-on transmettre de chevaux avec une roue de 30″ de diamètre, faisant 100 tours par minute le pas étant de $1''\frac{3}{4}$ et la largeur égale à 2 fois le pas $(3''\frac{1}{2})$?

La vitesse est donnée par la formule

$$v = 0.2618 \times D \times N = 0.2618 \times 30 \times 100 = 785 \text{ pieds.}$$

On pourra par suite prendre comme résistance celle correspondant à 800 pieds soit 2700 lbs.

Faisant le produit : pas × largeur × diamètre × nombre de tours × résistance, on a 1.75 × 3.5 × 30 × 100 × 2700 ; le produit 49612500 divisé par 2.120.000, donne 23 chevaux $\frac{4}{10}$.

En prenant pour R une résistance de 2000 lbs on trouverait environ 18 chevaux.

Bielle (Connecting Rod).

Le corps de la bielle peut être fait en fer, en acier, en fonte, et quelquefois même en bois. Il est généralement soumis à des efforts de tension puis de compression, c'est pour ces derniers qu'il doit être calculé.

Bielle à section circulaire.—En appelant D, le diamètre

moyen du corps, L, la longueur de la bielle, P, l'effort de compression on a

Bielle en fer ou en acier	$D = 0.0164\ m \sqrt{L\sqrt{P}}$
" fonte	$D = 0.0195\ m \sqrt{L\sqrt{P}}$
" bois	$D = 0.034\ m \sqrt{L\sqrt{P}}$

m varie de 1.11 à 2.78, en moyenne on peut prendre $m = 2$.

Bielle à section rectangulaire.—On calcule le diamètre D comme si la section était un cercle, puis on cherche la section rectangulaire à l'aide du tableau suivant dans lequel la première colonne $\frac{h}{b}$ indique le rapport entre la hauteur h et la largeur b du restangle cherché, ce rapport pouvant être choisi d'avance, et la seconde colonne, le nombre par lequel il faut multiplier le diamètre D pour avoir la largeur b, ou, ce qui revient au même, le rapport $\frac{b}{D}$

$\frac{h}{b}$	$\frac{b}{D}$	$\frac{h}{b}$	$\frac{b}{D}$
1	0.88	1.75 ou 1 $\frac{3}{4}$	0.76
1.25 ou 1 $\frac{1}{4}$	0.83	2	0.74
1.50 ou 1 $\frac{1}{2}$	0.79	2.5 ou 2 $\frac{1}{2}$	0.74

Régle.—Pour calculer le diamètre du corps d'une bielle, prendre la racine carrée de la pression à laquelle la bielle doit être soumise, multiplier le résultat par la longueur et prendre la racine carrée du produit, doubler cette racine (valeur de m) multiplier ce produit par 0.0164, si la bielle est en fer ou en acier, par 0.0195 si elle est en fonte ou par 0.034 si elle est en bois.

Exemples : 1o. Une bielle en acier de 120″ de long transmet un effort de 36000 lbs, trouver son diamètre.

L'effort est 36000, sa racine carrée est 189.7, multipliant 189.7 par la longueur 120, on trouve 22764 dont la racine est 151, doublant ce résultat, on obtient 302, qui, multiplié par 0,0164, donne comme diamètre 4″95 soit 5″.

2o. Quelles seraient les dimensions transversales de la bielle calculée ci-dessus en admettant que sa section soit un rectangle dont la hauteur est double de la largeur ?

On a 2 pour rapport entre la hauteur et la largeur : cherchant dans le tableau, on trouve que dans ce cas la largeur sera égale au diamètre multiplié par 0.74 ; on a par suite, largeur $= 5 \times 0.74 = 3''70$ et hauteur $= 3''.70 \times 2 = 7''.40$. La section sera donc de $7''\frac{4}{10}$ par $3''\frac{7}{10}$.

Manivelle à bras, (Hand Crank).

Ces manivelles sont actionnées soit par un homme soit par deux hommes. Un homme agissant sur une manivelle peut produire un effort moyen de 18 lbs avec une vitesse de 150 pieds par minute soit 2700 livres pieds, et momen-

tanément un effort de 30 à 32 lbs avec une vitesse de 120 pieds soit 3600 à 3840 livres pieds.

On peut donner aux manivelles les dimensions indiquées dans le tableau ci-après.

Lorsque deux manivelles sont calées sur un même arbre, elles doivent faire un angle de 90°.

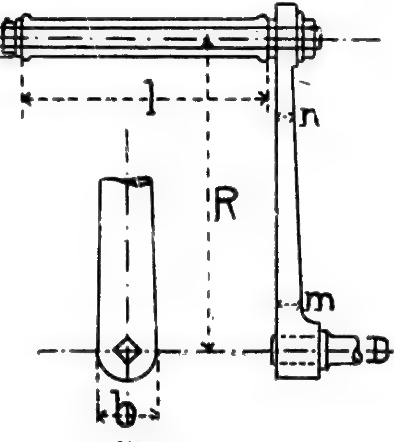


Fig. 44.

L'axe de l'arbre sur lequel est montée la manivelle doit être à environ 3′ du sol.

	Manivelle manœuvrée par	
	1 homme.	2 hommes.
R, rayon de la manivelle............	12″ à 16″	14″ à 18″
l, longueur de la poignée............	12″ à 13″	16″ à 19″
D, diamètre de l'arbre................	1″ $\frac{1}{4}$ à 1″ $\frac{1}{2}$	1″ $\frac{1}{2}$ à 1″ $\frac{3}{4}$
d, " de la poignée......	1″ $\frac{1}{4}$ à 1″ $\frac{1}{2}$	1″ $\frac{1}{2}$ à 1″ $\frac{3}{4}$
m, épaisseur du bras près de l'arbre	1″ $\frac{3}{8}$	1″ $\frac{3}{4}$
n, " " " la poignée	1″ $\frac{1}{4}$	1″ $\frac{1}{2}$
b, largeur du bras.	D + 1″ $\frac{1}{4}$	D + 1″ $\frac{1}{4}$
" du moyeu..................	2″ $\frac{3}{8}$ à 2″ $\frac{1}{2}$	2″ $\frac{1}{2}$ à 3″

CHAPITRE IV.

Hydraulique.

Pression.

La pression exercée contre une paroi rectangulaire par une hauteur H d'eau est donnée par la formule

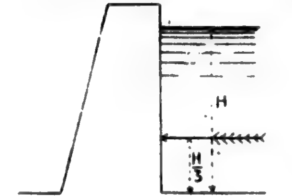


Fig. 45.

$$P = \frac{L \times 62.5 \times H^2}{2} = 31.25 \times L \times H^2$$

L étant la largeur de la paroi exprimée en pieds.

Cette pression est appliquée au $\frac{1}{3}$ de la hauteur.

Règle.—Pour calculer la pression exercée sur une paroi rectangulaire par une hauteur d'eau, élever la hauteur au carré et multiplier par la largeur en pieds de la paroi ; multiplier ce nouveau produit par 31.25 ; le nombre obtenu est la pression en lbs.

Exemple : Quelle est la pression exercée par l'eau sur un mur de réservoir ayant 8′ de large, la hauteur de l'eau étant 6′ ?

$$P = 8 \times 6^2 \times 31.25 = 9000 \text{ lbs.}$$

Cette pression est appliquée à deux pieds du fond.

Principe d'Archimède.—Lorsqu'un corps est plongé dans l'eau, son poids est diminué du poids de l'eau qu'il déplace, c'est-à-dire, du poids d'un volume d'eau égal au sien.

Exemple.—Un bloc de pierre de 10 pieds cubes pèse 1500 lbs, combien pèsera-t-il dans l'eau ?

10 pieds cubes d'eau pesant $10 \times 62.5 = 625$, le corps pèsera 625 livres de moins, c'est-à-dire $1500 - 615 = 885$ lbs.

Corps flottants.—Lorsqu'un corps flotte, il plonge de manière de déplacer un poids d'eau égal à son propre poids.

Exemple : De combien s'enfoncera dans l'eau douce une pièce de bois pesant 42 lbs le pied cube ?

La pièce s'enfoncera jusqu'à ce qu'il y ait 42 lbs d'eau de déplacée. Un pied cube d'eau douce pesant 62.5, la pièce s'enfoncera de $\frac{42}{62.5} = 0.672$ de sa hauteur.

On peut aisément calculer le poids approximatif d'une pièce de bois ou de toute autre substance plus légère que l'eau ; il suffit de la plonger dans l'eau et de mesurer la hauteur dont elle enfonce, cette hauteur multipliée par 62.5 et divisée par la hauteur totale donne le poids du pied cube ; connaissant le poids du pied cube, il suffit de le multiplier par le volume de la pièce pour avoir son poids.

On peut aussi évaluer le poids d'eau déplacée ; ce poids est égal au poids de la pièce elle-même.

Exemple : Une pièce de bois ayant 10′ de long, 8″ de large et 3″ d'épaisseur, s'enfonce de 2″ lorsqu'on la fait flotter sur l'eau, quel est son poids ?

1o. Le poids du pied cube sera $\frac{2 \times 62.5}{3} = 41.$ lbs 67 et le poids de la pièce $41.67 \times 10 \times \frac{8}{12} \times \frac{3}{12} = 69.$ lbs 45.

2o. Le poids de l'eau déplacée sera $\frac{2}{12} \times \frac{8}{12} \times 10 \times 62.5 = 69.$ lbs 45.

Ecoulement de l'eau.

Lorsque l'eau s'écoule par un orifice dont les parois sont minces, la vitesse de l'eau à la sortie est donnée par la formule

$$v = \sqrt{2\,gH} = 8\,\sqrt{H}$$

H étant la hauteur d'eau, ou charge en pieds, au-dessus du centre de l'orifice.

Le volume s'écoulant dans une seconde est

$$Q = 4.96\;S\,\sqrt{H}$$

S étant l'aire de l'orifice exprimée en pieds.

Fig. 46.

RÈGLE.—Pour trouver le volume d'eau s'écoulant dans une seconde, multiplier l'aire de l'orifice exprimée en pieds par la racine carrée de la hauteur au-dessus du centre de l'orifice et multiplier ce produit par 4.96. Le résultat obtenu est le volume en pieds cubes.

Exemple : Quel sera le débit par seconde à travers un orifice carré de 4″ par 4″, la hauteur de l'eau au-dessus du centre de l'orifice étant de 4′ ?

$$Q = 4.96 \times \frac{4}{12} \times \frac{4}{12}\sqrt{4} = 1 \text{ pied cube } \frac{1}{10}.$$

On appelle pouce de mineur (*Miner's inch*) la quantité d'eau qui passe à travers un orifice de un pouce carré de section, la hauteur d'eau au-dessus du centre étant de 6″$\frac{1}{2}$; en appliquant les formules ci-dessus on trouve pour valeur du pouce de mineur 1 pied cube $\frac{5}{10}$ par minute.

Lorsque l'eau s'écoule par un bout de tuyau, le débit est augmenté et il est donné par la formule

$$Q = 6.56 \ S \sqrt{H}$$

Lorsque les parois de l'orifice sont arrondies intérieurement, la valeur de Q varie entre

$$Q = 7 \sqrt{H} \quad \text{et} \quad Q = 8 \sqrt{H}$$

Si l'eau s'écoule à travers un tuyau, la vitesse peut être approximativement trouvée par la formule, $v = m \sqrt{H}$.

H représente la hauteur de l'eau au-dessus du point où débouche le tuyau, ou au-dessus du niveau du réservoir inférieur, s'il débouche dans un réservoir inférieur.

m, varie avec le rapport entre la longueur L et le diamètre D, on peut prendre les valeurs suivantes :

pour $\frac{L}{D}$ =	3	12	24	36	48	60
m, =	6.56	6.16	5.84	5.44	5.04	4.80

Le débit s'obtiendra en multipliant la vitesse trouvée par la section du tuyau.

Exemple : Quel sera le débit obtenu avec un tuyau de 10′ de long et de 4″ de diamètre, la hauteur du niveau de l'eau dans le réservoir, au-dessus du point où débouche le tuyau, étant de 4′ ?

La longueur est 10′ ou 120″ $\frac{L}{D} = \frac{120}{4} = 30$

pour $\frac{L}{D} = 24$ on a $m = 5.84$ pour $\frac{L}{D} = 36$ on a $m = 5.44$

pour $\frac{L}{D} = 30$, on peut prendre $m = 5.64$

$$v = 5.64 \sqrt{H} = 11.28$$

$Q = 0.7854 \times (\frac{4}{12})^2 \times 11.28 = 0$ pouce cube 98/100.

Pression produite par un jet d'eau.—La pression produite par un jet d'eau frappant une surface plane à angle droit avec la direction du jet est donnée par la formule

$$P = 1.90\, a\, v^2$$

a, section du jet, v, vitesse du jet en pieds.

Si la surface est courbe, le creux ou concavité étant du côté du jet, la pression est augmentée, elle est au contraire diminuée si la concavité est de l'autre côté.

Pression supportée par un corps au repos plongé dans un courant.—Si la surface est plane et à angle droit avec la direction du courant, on a

$$P = m\, a\, v^2$$

m, variant entre 1.35 et 1.45, v, vitesse du courant, a, aire de la surface perpendiculaire au courant.

Chute d'eau.

La puissance théorique d'une chute d'eau est donnée en chevaux par la formule

$$N = \frac{H \times 62.5 \times Q \times 60}{33000} = 0.1136 \times H \times Q.$$

Q, débit de l'eau en pieds cubes par seconde.

H, hauteur du niveau d'amont au-dessus du niveau d'aval.

Cette formule revient à multiplier le poids de l'eau qui s'écoule par minute par la hauteur de la chute en pieds, puis à diviser le produit obtenu par 33000.

Pour avoir le débit on peut choisir sur le parcours de la rivière une longuenr pour laquelle la section reste à peu

près la même. On jette alors des flotteurs (bouteilles, bouchons, etc.,) et on compte le temps qu'ils mettent à faire un certain chemin. Divisant le chemin par le temps en secondes on obtient la vitesse à la surface. La vitesse moyenne peut être prise égale à la vitesse à la surface multipliée par 0.8. On peut aussi employer comme flotteurs des bâtons maintenus verticaux à l'aide d'un poids placé à une de leurs extrémités, la hauteur des bâtons dans l'eau étant les $\frac{9}{10}$ de la profondeur de l'eau ; la vitesse des bâtons est alors la vitesse moyenne. La vitesse moyenne multipliée par l'aire de la section donne le débit par seconde, puis ce débit, multiplié par 60 et ensuite par 62.5 donne le poids de l'eau qui s'écoule par minute.

Puissance nécessaire pour élever un volume d'eau à une hauteur donnée.

En appelant L, la longueur de la conduite en pieds, D, son diamètre en pieds, H, la hauteur en pieds à laquelle l'eau doit être élevée, h, la hauteur en pieds équivalant à la résistance due au frottement, le nombre de chevaux-vapeur nécessaires pour élever un volume Q par seconde est donné par la formule

$$N = \frac{Q \times 60 \times 62.5 \ (H + h)}{33000} = 0.1136 \ Q \ (H + h)$$

La hauteur h est proportionnelle à la longueur du tuyau, au carré de la vitesse et inversement proportionnelle au diamètre.

$$h = m \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

m, est un coefficient variant avec l'état du tuyau, le diamètre et la vitesse, on peut dans une première approximation le prendre égal à 0.02.

Le nombre de chevaux déterminé ci-dessus doit être multiplié par 1.25 pour une pompe très soignée, 1.33 pour une bonne pompe et 1.4 à 1.5 pour une pompe ordinaire, le produit représente la puissance que le moteur devra fournir à la pompe.

Si le volume Q est donné en gallons, il faut, avant de l'introduire dans la formule, le transformer en pieds cubes en multipliant le nombre de gallons par 0.16.

Pompes à piston.

En appelant Q, le volume d'eau, en pieds cubes, à élever par minute, (si ce volume est donné en gallons multiplier par 0.16 pour le ramener en pieds cubes,) D, le diamètre du cylindre en pouces, c, la course du piston en pouces, n, le nombre de tours de la manivelle ou de coups doubles du piston par minute, v, la vitesse en pieds par minute, K, le rapport entre le volume d'eau réellement élevé et le volume théorique, on a,

pour une pompe à double effet :

$$Q = 0.7854\,\frac{D^2}{144} \times v \times K = 0.00545\,K \times v \times D^2$$

et

$$Q = 0.7854\,\frac{D^2}{144} = 2\,\frac{c}{12} \times n \times K = 0.0009 \times K \times c \times n \times D^2$$

d'où $$D = \sqrt{\frac{144\ Q}{0.7854 \times v \times K}} = 13.54 \sqrt{\frac{Q}{K \times v}}$$

et $$D = \sqrt{\frac{144\ Q}{0.7854 \times 2 \times c \times n \times K}} = 33.15 \sqrt{\frac{Q}{K \times n \times c}}$$

Pour une pompe à simple effet on a, en procédant de même :

$$Q = 0.00273\ K \times v \times D^2$$

et $$Q = 0.00045\ K \times c \times n \times D^2$$

d'où $$D = 19.10 \sqrt{\frac{Q}{K \times v}}$$

et $$D = 46.74 \sqrt{\frac{Q}{K \times n \times c}}$$

Pour les pompes d'une exécution soignée		$K = 0.90$
"	" bien exécutées	$K = 0.85$
"	" ordinaires	$K = 0.80$

Pour le rapport entre le diamètre et la course on peut prendre

Pompe à simple effet $\frac{D}{L} = \frac{1}{1.5}$ à $\frac{1}{2}$

" à double effet $\frac{D}{L} = \frac{1.5}{2.5}$ à $\frac{1}{2.5}$

La vitesse du piston est très variable, souvent 60 à 70 pieds, quelquefois jusqu'à 150 pieds par minute. La vitesse dans les conduites d'aspiration et de refoulement varie entre 2′ et 4′ par seconde.

Pour empêcher les coups de bélier et maintenir le courant de l'eau continu dans les tuyaux on emploie souvent un réservoir d'air dont le volume est de 2 à 3 fois celui du cylindre pour les petites conduites et 5 à 6 fois pour les grandes.

Règles. — 1° Pour trouver le diamètre d'une pompe connaissant le volume et la vitesse, multiplier la vitesse en pieds par minute par la valeur de K (0.90, 0.85 ou 0.80 suivant le cas) diviser le volume d'eau à élever par le produit ainsi obtenu, prendre la racine carrée du quotient puis multiplier par 13.54 si la pompe est à double effet et par 19.10 si elle est à simple effet.

Exemple : Quelles doivent être les dimensions d'une pompe à double effet, soignée, pour élever 400 pieds cubes par minute, la vitesse du piston étant de 100′ ?

Pour une pompe soignée on peut prendre $K = 0.85$, multipliant 0.85 par la vitesse 100 on obtient 85, divisant le volume $Q = 400$ par 85 on trouve 4.70 dont la racine est 2.17. Multipliant 2.17 par 13.54 on trouve $D = 29''38$ soit 29″ 4/10.

Si on adopte $\frac{D}{L} = \frac{1.5}{2.5}$ on tire

$$\text{course} = c = \frac{2.5 \times 29.4}{1.5} = 49''.$$

Le nombre de coups doubles de piston s'obtiendra en divisant la vitesse v réduite en pouces par deux fois la course.

$$n = \frac{100 \times 12}{2 \times 49} = 12.\tfrac{1}{4}$$

2o. Pour trouver le diamètre d'une pompe connaissant le volume et la course, multiplier la course en pouces par la valeur de K (0.90, 0.85 ou 0.80 suivant le cas), puis le produit obtenu par le nombre de coups doubles, diviser ensuite le volume d'eau à élever par le produit précédent et prendre la racine carrée du quotient. Cette racine, multipliée par 33.15 pour une pompe à double effet ou par 16.74 pour une machine à simple effet, donnera le diamètre cherché en pouces.

Exemple : Quel sera le diamètre d'une pompe à double effet, soignée, pouvant élever 400′ cubes d'eau par minute, la course du piston étant de 49″ et le nombre de coups doubles $12\frac{1}{4}$?

Prenons $K = 0.85$. Multipliant 0.85 par la course 49 puis par le nombre de coups $12\frac{1}{4}$, on a

$$0.85 \times 49 \times 12\tfrac{1}{4} = 510.1.$$

Divisant le volume $Q = 400$ par 510.1 on trouve 0.7841 dont la racine est 0.885 ; multipliant 0.885 par 33.15 on trouve :

$$\text{Diamètre} = 29''\tfrac{34}{100} \text{ soit } 29''\tfrac{4}{10}.$$

3o. Pour avoir le débit d'une pompe par minute, multiplier la course par le carré du diamètre (exprimé en pouces) puis par le nombre de coups doubles pour une pompe à double effet. Le produit, multiplié par K, (0 80, 0.85, 0.90 suivant le cas) puis par 0.0009 pour une machine à double effet ou par 0.00045 pour une pompe à simple effet donne le débit en pieds cubes.

Exemple : Quel sera le volume d'eau élevé en une minute par une pompe ayant un diamètre de 29″ $\frac{4}{10}$ et une course de 49″ (double effet), le nombre de coups doubles étant de $12\frac{1}{4}$?

On a, en prenant $K = 0.85$

$$Q = 0.0009 \times 0.85 \times 12\tfrac{1}{4} \times (29\tfrac{4}{10})^2 \times 49 = 401 \text{ pds cub.}$$

Renseignements divers.

En appelant D le diamètre en pouces et c la course également en pouces, on a :

Volume du cylindre $= D^2 \times c \times 0.7854$ pouces cubes
" " $= D^2 \times c \times 0.002827$ gallons
" " $= D^2 \times c \times 0.000454$ pieds cubes

Poids d'eau douce contenue dans le cylindre :

$$D^2 \times c \times 0.02827 \text{ livres.}$$

1 pied cube = 6-232 gal. imp. = 7.481 gal. (E.-U.)
1 gallon imp. = 0.1605 pied cube = 1.200 " "
1 gal (E.-U.) = 0.1337 pied cube = 0.8331 gallon imp.

1 pied cube d'eau	pèse	62.5	lbs.
1 gallon " (E.-U.)	"	8.355	"
1 gallon impérial	"	10.026	"

L'eau peut s'élever à 34′ dans un tube où le vide est parfait.

Epaisseur des tuyaux.

En représentant par : d, le diamètre intérieur en pouces du tuyau, p, la pression en livres par pouce carré qu'il doit supporter, h, la hauteur correspondante en eau (exprimée en pieds), e, l'épaisseur en pouces, R, la résistance du métal, on peut calculer, d'après " Fanning," l'épaisseur des tuyaux de conduite d'eau à l'aide des formules suivantes :

$$e = \frac{(h + 230) \times d \times 62.5}{72\ R} = \frac{0.868\ (h + 230) \times d}{R}$$

$$e = \frac{(p + 100)\ d}{0.5\ R} = \frac{2\ (p + 100)\ d}{R}$$

Dans ces formules on a pris comme coefficient de sécurité 0,25, de plus on suppose une pression additionnelle de 100 lbs par pouce carré pour tenir compte des coups de bélier. On trouve en remplaçant R par sa valeur les résultats suivants :

tuyaux en plomb.	$R=2000$	$e=0.000434 \times (h+230) \times d$ $e=0.001 \times (p + 100) \times d$
" étain.	$R=4600$	$e=0.000188 \times (h+230) \times d$ $e=0.000434 \times (p+100) \times d$
" verre.	$R=9400$	$e=0.0000924 \times (h+230) \times d$ $e=0.000213 \times (p + 100) \times d$
" bronze.	$R=28000$	$e=0.000031 \times (h+230) \times d$ $e=0.000071 \times (p+100) \times d$
" cuivre	$R=30000$	$e=0.000029 \times (h+230) \times d$ $e=0,000067 \times (p+100) \times d$

tuyaux en tôle (rivure simple) $R = 35000\begin{cases} e=0.000024 \times (h+230)\times d \\ e=0.000058 \times (p+100)\times d \end{cases}$

tuyaux en tôle (rivure double) $R = 40000\begin{cases} e=0.0000216\times(h+230)\times d \\ e=0.000050 \times (p+100)\times d \end{cases}$

Règle.—Pour trouver l'épaisseur d'un tuyau de conduite, connaissant le diamètre et la pression, ajouter 100 à la pression, multiplier la somme ainsi formée par le diamètre en pouces, le produit obtenu, multiplié lui-même par 0.001 pour le plomb, 0.000434 pour l'étain, etc., (voir formules) donnera l'épaisseur en pouces.

Si au lieu de la pression, on connaissait la hauteur d'eau que doit supporter le tuyau, ajouter 230 à cette hauteur, multiplier la somme ainsi formée par le diamètre, le produit obtenu, multiplié lui-même par 0.000434 pour le plomb, 0.000188 pour l'étain, etc., (voir formules) donnera l'épaisseur en pouces.

Exemples : 1o. Un tuyau en plomb de 2″ de diamètre doit supporter une pression de 130 lbs, quelle devra être son épaisseur ?

En appliquant la formule $e = 0.001 \times (p + 100) \times d$ on a : $e = 0.001 \times (130 + 100) \times 2 = 0.001 \times 230 \times 2 = 0'' 46$.

2o. Quelle devra être l'épaisseur d'un tuyau en plomb de 2″ de diamètre devant supporter une hauteur d'eau de 200 pieds ?

En appliquant la formule $e = 0.000434 \times (h + 230) \times d$, on a : $e = 0.000434 \times (200 + 230) \times 2'' = 0.000434 \times 430 \times 2 = 0'' 37$.

Epaisseur des tuyaux en fonte.

L'épaisseur (e) à donner aux tuyaux en fonte dépend de leur diamètre, de la pression qu'ils ont à supporter, cette pression pouvant être exprimée en livres par pouce carré, et de la résistance du métal. D'après Fanning, les formules suivantes donnent l'épaisseur en pouces, R, représentant la résistance de la fonte (entre 18000 et 29000), d, le diamètre intérieur en pouces, p, la pression en livres par pouce carré que doit supporter le métal, h, la hauteur d'eau correspondant à la pression. Il a été ajouté une pression additionnelle de 100 lbs pour tenir compte des coups de bélier et le coefficient de sécurité a été pris égal à 0.2

$$e = \frac{(h + 230)\ d \times 62.5}{0.4\ R \times 144} + 0.333\ \left(1 - \frac{d}{100}\right)$$

$$e = \frac{(p + 100)\ d}{0.4\ R} + 0.333\ \left(1 - \frac{d}{100}\right)$$

En prenant pour R, 20,000, on trouve en simplifiant :

$$e = (h + 230) \times d \times 0.000056 + m$$
$$e = (p + 100) \times d \times 0.000125 + m$$

pour $d =$	1″	5″	10″	20″	30″	40″	50″	60″
$m =$	0.33	0.31	0.30	0.27	0.23	0.20	0.17	0,13

NOTA.—La hauteur 230 ajoutée à h représente la hauteur d'eau équivalant à une pression de 100 lbs.

Règles.—1° Pour trouver l'épaisseur d'une conduite en fonte connaissant le diamètre et la pression qu'elle doit supporter, ajouter 100 à cette pression, multiplier la somme par le diamètre en pouces, puis le produit obtenu par 0.000125. En ajoutant au nombre trouvé la valeur de m correspondant au diamètre, on aura l'épaisseur cherchée.

Exemple : Quelle devra être l'épaisseur d'une conduite en fonte de 20″ de diamètre devant résister à une pression de 130 lbs ?

En appliquant la formule $e = (p + 100) \times d \times 0.000125$ on a $e = (130+100) \times 20 \times 0.000125 = 230 \times 20 \times 0.000125 = 0.575$.

pour $d = 20''$, $m = 0.07$ (voir tableau)

d'où épaisseur $= 0.575 + 0.27 = 0.''845 = \frac{27}{32}$

2° Pour trouver l'épaisseur d'une conduite en fonte connaissant le diamètre et la hauteur d'eau qu'elle doit supporter, ajouter 230 à cette hauteur, multiplier la somme par le diamètre puis le produit obtenu par 0.000056. En ajoutant au nombre ainsi trouvé la valeur de m, correspondant au diamètre, on aura le diamètre cherché.

Exemple : Quelle devra être l'épaisseur d'une conduite en fonte de 30″ de diamètre pouvant résister à une hauteur d'eau de 300′ ?

En appliquant la formule $e = (h + 230) \times d \times 0.000056$ on a $e=(300 + 230) \times 30 \times 0.000056 = 530 \times 30 \times 0.000056 = 0.89$

pour $d = 30''$ $m = 0.23$

d'où épaisseur $= 0.89 + 0.23 = 1''.12$ ou $1''\frac{1}{8}$

Poids des tuyaux.

Le poids des tuyaux en fonte est donné par la formule

$$P = 0.82\,(d + e)\,e \times L$$

P poids en livres, d, diamètre intérieur en pouces, e, épaisseur du métal en pouces, L, longueur en pouces $= 12 \times$ longueur en pieds.

Règle.—Pour avoir le poids d'une conduite en fonte, multiplier la longueur en pouces par l'épaisseur, puis le produit par 0.82, le nombre trouvé, multiplié par la somme obtenue en ajoutant le diamètre intérieur en pouces à l'épaisseur, donne le poids en livres.

Exemple : Le poids de 1000 pieds de la conduite de 30″ calculée dans l'exemple précédent (pge 156) sera

$$1000 \times 12 \times 1.12 \times 0.82 \times (30 + 1''12) = 343000 \text{ lbs.}$$

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DES ROUES HYDRAULIQUES.

Genre des roues.	Hauteur de chute limitée.	Rendement.	Vitesse de la roue en pieds.	Rayon.	Coeffi. de remplissage.
Roue en dessous............	$\frac{1}{3}$ à 3′	0.30 à 0.35	4 à 5′	6 à 12′	0.5
Roue Poncelet...............	$\frac{2}{3}$ à 6′	0.60 à 0.65	1 à 2′	2 H	0 5
Roue Sagebien.	2 à 8′	0.75 à 0.80	$1\frac{1}{2}$ à 2′	10′ + 0.8 H	$\frac{2}{3}$ à 4/5
Roue de côté (à tête d'eau).	$1\frac{1}{2}$ à 5′	0.40 à 0.50	6′	1.5 à 2 H	0.5
R. de côté (sans tête d'eau)	5 à 8′	0.60 à 0.65	4 à 5′	$1\frac{1}{4}$ à $1\frac{1}{2}$ H	0.5
Roue de côté avec vannage à persienne..................	8′ à 15′	0.65 à 0.70	à $5\frac{1}{2}$	H	0.5
Roue de poitrine.............	8′ à 15′	0.60 à 0.70	4 à 5′	$\frac{2}{3}$ H	$\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$
Roue en dessus........	10′ à 40′	0.60 à 0.75	4 à 5′	$\frac{1}{2}$ H	$\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$
Turbine..........................	toute	0.60 à 0.80			
Roue Pelton..................	toute	0.80			

H, hauteur de la chute en pieds.

Pompe centrifuge.

Dans ces pompes, l'eau, entraînée par des palettes ou aubes, est animée d'un mouvement de rotation et, sous l'influence de la force centrifuge, elle tend à s'échapper par la circonférence. Il se produit par suite une aspiration vers le centre.

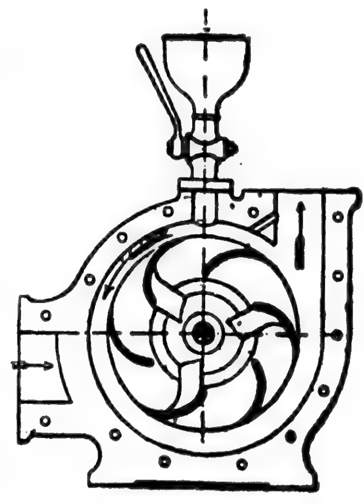


Fig. 47.

La vitesse à la circonférence la plus avantageuse est

$$v = 3/2 \sqrt{2\,gH} = 12\sqrt{H}$$

H étant la hauteur à laquelle l'eau est élevée.

La dépense en chevaux, en appelant Q le nombre de pieds cubes d'eau à élever à une hauteur H en pieds, est donnée par la formule

$$H.\,P. = \frac{Q \times H \times 62\,5}{33000} \times c \;=\; 0.0019 \times Q \times H \times c$$

c varie de 1.4 à 2 suivant le cas.

La vitesse de l'eau dans les tuyaux peut être prise égale à 3′ par seconde pour les petits tuyaux et à 6 ou même 9 pieds pour les grands diamètres.

Le diamètre des roues mobiles à palettes est environ le triple du tuyau d'aspiration.

L'effet utile des pompes centrifuges est d'environ 60°/。 lorsque la hauteur d'aspiration ne dépasse pas 12′ et la hauteur de refoulement 50′.

Les pompes centrifuges sont avantageuses pour élever de grands volumes d'eau (au minimum 25 gall. par minute) et pour l'assèchement des fouilles : elles peuvent en effet élever de l'eau contenant jusqu'à 15°/。 de matières solides.

Presses hydrauliques.

Dans une presse hydraulique, la pression par pouce carré est partout la même par suite, la pression exercée par le petit piston divisée par son aire est égale à la pression exercée sur le grand piston divisée également par son aire

$$\frac{P}{S} \times \frac{p}{s}$$

d'où les règles suivantes :

1° Pour trouver la pression par pouce carré produite à l'aide d'une presse hydraulique, diviser la pression totale sur le petit piston par l'aire de ce piston, $\frac{p}{s}$;

2° Pour trouver la pression exercée par le grand piston, multiplier la pression par pouce carré précédemment trouvée par l'aire du grand piston, $P = \frac{p}{s} \times S$;

3° Pour trouver l'aire du petit piston nécessaire pour produire une certaine pression par pouce carré, diviser la pression dont on dispose par la pression en livres par pouce carré qn'on veut produire.

CHAPITRE V.

MACHINES A VAPEUR.

Préliminaires.—Loi de Mariotte.

Les volumes occupés par une masse donnée de gaz à température constante sont inversement proportionnels aux pressions qu'elle supporte

$$\frac{v'}{v} = \frac{p}{p'}$$

Il résulte de là que, pour une masse donnée de gaz à température constante, le produit obtenu en multipliant la pression par le volume est une quantité constante.

D'où les règles suivantes :

1° Pour calculer le volume qu'occupera une masse gazeuse à une certaine pression, connaissant son volume sous une autre pression, multiplier ce volume par cette pression, et diviser le produit par la pression nouvelle.

$$v = \frac{p' \times v'}{p}$$

2° Pour calculer la pression à laquelle il faudra soumettre un gaz pour l'amener à un certain volume, connaissant son volume sous une autre pression, multiplier ce volume par cette pression et diviser par le nouveau volume.

$$p = \frac{p' \times v'}{v}$$

Exemples : 1° Quel sera, sous une pression de 60 lbs, le volume d'une masse gazeuse, son volume sous la pression atmosphérique étant de 40 pieds cubes ?

En prenant 15 lbs pour la pression atmosphérique (exactement 14.7) on multipliera 15 par le volume 40, le produit 600, divisé par la nouvelle pression 60, donnera 10 pieds cubes comme volume.

2° A quelle pression faudra-t-il amener 40 pieds cubes de gaz sous la pression atmosphérique pour que le volume occupé ne soit plus que de 10 pieds cubes ?

Multipliant 15 par le volume 40, on trouve 600 qui, divisé par le nouveau volume 10, donne 60 lbs comme pression.

Lorsque l'on comprime un gaz, s'il n'est pas fait usage de dispositifs spéciaux (injection d'eau, double enveloppe avec circulation d'eau froide,) il se produit une élévation de température ; la pression et le volume sont alors liés par la loi de Laplace.

$$p\,v^{1.41} = p'\,v'^{1.41} \text{ d'où } p = p' \times \left(\frac{v'}{v}\right)^{1.41} ;\ v = v' \times \sqrt[1.41]{\frac{p'}{p}}$$

Les formules précédentes ne peuvent être résolues qu'à l'aide des logarithmes.

En pratique, dans la plupart des cas, on peut se contenter d'employer la loi de Mariotte

Chaleur.

L'unité de chaleur est appelée " unité thermique ": c'est ce qu'il faut de chaleur pour élever de 32° à 33° F une livre d'eau. L'unité de chaleur métrique ou française est la

"calorie", c'est ce qu'il faut de chaleur pour élever de 0 à 1° centigrade, 1 kilogramme d'eau.

Une calorie = 3.96 unités thermiques anglaises.

La chaleur sensible est celle qui sert à élever la température du corps, la chaleur latente celle qui produit le changement d'état, de solide à liquide, "chaleur latente de fusion," de liquide à vapeur, "chaleur latente de vaporisation."

La chaleur totale s'obtient en faisant la somme de la chaleur sensible et de la chaleur latente. Généralement en ce qui concerne la vapeur, on ne tient pas compte de la chaleur latente de fusion de la glace. La chaleur totale de la vapeur d'eau à une température donnée est, par suite, égale à la chaleur sensible nécessaire pour élever la température de l'eau de 32° F à la température d'ébullition, augmentée de la chaleur latente ou chaleur nécessaire pour faire passer la livre d'eau ainsi chauffée en vapeur.

Chaleur totale = chaleur sensible + chaleur latente.

La chaleur latente de vaporisation est variable ; on peut l'obtenir en appliquant la règle suivante :

Retrancher 212 de la température à laquelle se produit l'ébullition (voir table), multiplier le reste par 0.7 et retrancher le produit de 966.1.

Chaleur latente = 966.1 — (0.7 × (tempér. d'ébul. — 212))

A la pression de 150 lbs par exemple la temp. d'ébullition étant 358.3 (v. table) on aura chaleur latente = 966.1 — (0.7 × (358.3 — 212))

Nous donnons ci-après une table des températures d'ébullition pour différentes pressions, ainsi que les chaleurs latentes, les chaleurs sensibles et les chaleurs totales correspondantes.

Pressions absolues.	Température d'ébullition.	Chaleurs sensibles.	Chaleurs latentes.	Chaleurs totales.	Vol. d'une lb de vapeur en pieds cubes.	Poids d'un pied cube en livres.
14.70	212.	180.	966.1	1146.1	26.36	0.0380
20	228.	198.1	952.8	1150.9	19.72	0.0507
25	240.1	209.3	945.3	1154.6	15.99	0.0625
30	250.4	219.9	937.9	1157.8	13.46	0.0743
35	259.3	228.9	931.6	1160,5	11.65	0.0858
40	267.3	236.9	926.	1162.9	10.27	0.0974
45	274.4	244.2	920.9	1165.1	9.18	0.1089
50	281.	250.8	916.3	1167.1	8.31	0.1202
60	292.7	262.7	908.	1170.7	7.01	0.1425
70	302.9	273.	900.8	1173.8	6.07	0.1648
80	312.	282.2	894.3	1176.5	5.35	0.1869
90	320.2	290.6	888.5	1179.1	4.79	0.2089
100	327.9	298.3	883.1	1181.4	4.33	0.2307
110	334.6	305.2	878.3	1183.5	3.97	0.2521
120	341.1	311.7	873.7	1185.4	3.65	0.2738
130	347.2	317.9	869.4	1187.3	3.38	0.2955
140	352.9	323.6	865.4	1189.	3.16	0.3162
150	358.3	329.2	861.5	1190.7	2.96	0.3377
160	363.4	334.3	857.9	1192.2	2.79	0.3590
170	368.2	339.2	854.5	1193.7	2.63	0.3798
180	372.9	343.8	851.3	1195.1	2.49	0.4009
190	377.5	348.5	848.	1196.5	2.37	0.4222
200	381.7	352.8	845.	1197.8	2.26	0.4431

Transformation des diverses échelles thermométriques.

Pour transformer des degrés Fahrenheit en degrés centigrades, retrancher 32, puis multiplier par 5 et diviser par 9.

Pour transformer des degrés centigrades en Fahrenheit, multiplier par 9, diviser par 5, puis ajouter 32.

Pour transformer des degrés centigrades en Réaumur, multiplier par 4 et diviser par 5.

Pour transformer des degrés Réaumur en centigrades, multiplier par 5 et diviser par 4.

Pour transformer des degrés Fahrenheit en Réaumur, retrancher 32, puis multiplier par 4 et diviser par 9.

Pour transformer des degrés Réaumur en Fahrenheit, multiplier par 9, diviser par 4, puis ajouter 32.

TABLEAU COMPARATIF DES THERMOMÈTRES FAHRENHEIT ET CENTIGRADE.

F	*C*	*F*	*C*	*F*	*C*
— 4°	—20°	33°	0°.56	70°	21°.11
— 3	—19.44	34	1.11	71	21.67
— 2	—18.89	35	1.67	72	22.22
— 1	—18.33	36	2.22	73	22.78
0	—17.78	37	2.78	74	23.33
1	—17.22	38	3.33	75	23.89
2	—16.67	39	3.89	76	24.44
3	—16.11	40	4.44	77	25.
4	—15.56	41	5.	78	25.56
5	—15	42	5.56	79	26.11
6	—14.44	43	6.11	80	26.67
7	—13.89	44	6.67	81	27.22
8	—13.33	45	7.22	82	27.78
9	—12.78	46	7.78	83	28.33
10	—12.22	47	8.33	84	28.89
11	—11.67	48	8.89	85	29.44
12	—11.11	49	9.44	86	30.
13	—10.56	50	10.	87	30.56
14	—10.	51	10.56	88	31.11
15	— 9.44	52	11.11	89	31.67
16	— 8.89	53	11.67	90	32.22
17	— 8.33	54	12.22	91	32.78
18	— 7.78	55	12.78	92	33.33
19	— 7.22	56	13.33	93	33.89
20	— 6.67	57	13.89	94	.44
21	— 6.11	58	14.44	95	35.
22	— 5.56	59	15.	96	35.56
23	— 5.	60	15.56	97	36.11
24	— 4.44	61	16.11	98	36.67
25	— 3.89	62	16.67	99	37.22
26	— 3.33	63	17.22	100	37.78
27	— 2.78	64	17.78	101	38.33
28	— 2.22	65	18.33	102	38.89
29	— 1.67	66	18.89	103	39.44
30	— 1.11	67	19.44	104	40.
31	— 0.56	68	20.	105	40.56
32	0.	69	20.56	106	41.11

TABLEAU COMPARATIF DES THERMOMÈTRES FAHRENHEIT ET CENTIGRADE. (Suite).

F	C	F	C	F	C
107°	41°.67	144°	62°.22	181°	82°.78
108	42.22	145	62.78	182	83.33
109	42.78	146	63.33	183	83.89
110	43.33	147	63.89	184	84.44
111	43.89	148	64.44	185	85.
112	44.44	149	65.	186	85.56
113	45.	150	65.56	187	86.11
114	45.56	151	66.11	188	86.67
115	46.11	152	66.67	189	87.22
116	46.67	153	67.22	190	87.78
117	47.22	154	67.78	191	88.33
118	47.78	155	68.33	192	88.89
119	48.33	156	68.89	193	89.44
120	48.89	157	69.44	194	90.
121	49.44	158	70.	195	90.56
122	50.	159	70.56	196	91.11
123	50.56	160	71.11	197	91.67
124	51.11	161	71.67	198	92.22
125	51.67	162	72.22	199	92.78
126	52.22	163	72.78	200	93.33
127	52.78	164	73.33	201	93.89
128	53.33	165	73.89	202	94.44
129	53.89	166	74.44	203	95.
130	54.44	167	75.	204	95.56
131	55.	168	75.56	205	96.11
132	55.56	169	76.11	206	96.67
133	56.11	170	76.67	207	97.22
134	56.67	171	77.22	208	97.78
135	57.22	172	77.78	209	98.33
136	57.78	173	78.33	210	98.89
137	58.33	174	78.89	211	99.44
138	58.89	175	79.44	212	100.
139	59.44	176	80.	300	148.89
140	60.	177	80.56	400	204.45
141	60.56	178	81.11	500	260.
142	61.11	179	81.67	600	315.55
143	61.67	180	82.22	700	371.1

Dilatation.

Lorsqu'on chauffe un corps, il augmente de longueur et de volume : on dit qu'il se dilate. Si on ne considère que la dilatation de longueur, la dilatation est appelée linéaire ; si on considère l'augmentation de volume, elle est appelée cubique.

Le coefficient de dilatation linéaire est l'augmentation de longueur de l'unité lorsque la température s'élève de 1°.

Le coefficient de dilatation cubique est l'augmentation de volume de l'unité lorsque la température s'élève de 1°. Le coefficient de dilatation cubique s'obtient en multipliant le coefficient de dilatation linéaire par 3.

En pratique, on peut obtenir la dilatation totale en faisant le produit du coefficient de dilatation pris dans le tableau ci-après par la longueur de la pièce, puis en multipliant le résultat par la différence entre la température à laquelle on a mesuré la pièce et la température à laquelle elle doit être soumise.

Table des dilatations pour 1° Fahrenheit.

Brique réfractaire	$\frac{1}{365220}$
Fonte	$\frac{1}{162000}$
Acier	$\frac{1}{151200}$
Fer laminé	$\frac{1}{149940}$
Fer doux forgé	$\frac{1}{147420}$

Fer en fil..............................	$\frac{1}{146340}$
Bronze..................................	$\frac{1}{97740}$
Cuivre..................................	$\frac{1}{104400}$

Pour faire usage de la table, les coefficients de dilatation étant donnés sous forme de fractions ordinaires, on peut procéder de la manière suivante :

Multiplier la longueur de la pièce à une température déterminée par la différence de degrés entre cette température et celle pour laquelle on veut trouver l'allongement et diviser le produit par le dénominateur des fractions représentant le coefficient de dilatation (table ci-dessus). Le résultat sera donné en pieds si la longueur a été mesurée en pieds et en pouces si elle a été mesurée en pouces.

Exemple : Une conduite en fer a une longueur de 100′ à la température de 60° F. Quel sera son allongement si on y fait passer de la vapeur sous une pression de 100 lbs ?

La table (page 164) donne pour une pression de 100 lbs, la température de la vapeur 327° 9 soit 328, la différence entre les températures est alors 328 — 60 = 268, multipliant 268 par 100 × 12, longueur en pouces, on trouve 321600 qui, divisé par 149940, donne pour allongement en pouces 2″14.

S'il s'agissait d'une conduite en fonte on diviserait par 162.000. Pour une construction en brique on diviserait par 365220, etc.

Transmission de la chaleur.

La chaleur se transmet de deux manières, 1° par conductibilité, 2° par rayonnement.

La conductibilité est la propriété que possèdent les corps de transmettre la chaleur de proche en proche dans l'intérieur de leur masse. Un corps est bon ou mauvais conducteur suivant qu'il transmet bien ou mal la chaleur.

La quantité de chaleur qui traverse un corps est proportionnelle à la différence des températures des deux faces, inversement proportionnelle à leur épaisseur et proportionnelle à un certain coefficient c dépendant du corps.

$$\text{Quantité de chaleur traversant par heure} = c\,\frac{t - t'}{E}\,S$$

t, température de la face la plus chaude,
t', température de la face la plus froide,
E, épaisseur du corps en pouces,
S, aire des surfaces en pouces.

Le tableau ci-après donne quelques valeurs de c :

Argent	1.8	Marbre	0.07
Cuivre	1.7	Pierre calcaire	0.03
Fer	0.7	Verre	0.02
Zinc	0.7	Terre cuite	0.015
Etain	0.55	Bois	0.004
Plomb	0.35	Cendre	0.0015

Les chiffres ci-dessus sont des limites supérieures difficiles à atteindre en pratique.

Le tableau ci-après donne la quantité de chaleur traversant différents corps en prenant 100 comme quantité de chaleur traversant le coton minéral.

Coton minéral	100	Charbon de bois	140
Feutre de crin	117	Cendre	163
Coton	122	Enveloppe en bois avec espace d'air	280
Terre d'infusion	136		
Laine	136		

Les substances ci-dessus sont souvent employées comme isolantes. Bien que l'air avec les enveloppes en bois soit le plus conducteur, il est souvent employé en pratique pour recouvrir les chaudières par suite de son bon marché.

Dans le choix du métal destiné à fabriquer des vases servant à chauffer les liquides, il faut remarquer que la transmission de la chaleur dépend surtout, dans ce cas, de la quantité de chaleur que peut absorber le liquide. Cette quantité de chaleur est généralement beaucoup plus faible que celle qui pourrait traverser l'enveloppe, il s'en suit que le pouvoir conducteur du métal employé perd beaucoup de son importance et que les résultats sont à peu près les mêmes dans une chaudière en fer et dans une chaudière en cuivre bien que la conductibilité du cuivre soit supérieure à celle du fer.

On appelle *pouvoir rayonnant* ou pouvoir émissif, la propriété qu'ont les corps d'émettre à température et à surfaces égales, des quantités de chaleur plus ou moins grandes. Si on suppose deux vases, l'un en laiton, l'autre en verre, contenant une même quantité d'eau à une même température, on constate que l'eau du vase en verre se

refroidira plus vite que l'eau du vase en laiton, le verre ayant un plus grand pouvoir émissif que le laiton.

On appelle *pouvoir absorbant* la propriété qu'ont les corps de laisser pénétrer dans leur masse une plus ou moins grande quantité de chaleur arrivant par rayonnement.

Le pouvoir absorbant d'une surface est égal à son pouvoir émissif ; il varie non seulement avec la nature du corps mais aussi avec l'état de la surface. Les surfaces polies absorbent et émettent moins que les surfaces mates.

En prenant 100 comme chaleur émise ou absorbée par le noir de fumée, le tableau ci-dessous donne les chaleurs émises ou absorbées par d'autres corps de surfaces égales et à une même température.

Noir de fumée	100	Fer poli	23
Eau	100	Zinc poli	19
Carbonate de plomb (céruse)	100	Acier poli	17
Papier à écrire	98	Etain	15
Marbre	93 à 98	Cuiv. rouge vern.	14
Verre ordinaire	90	Laiton laminé	9
Glace	85	" poli	7
Fonte très polie	25	Argent poli	2

Du tableau précédent on peut déduire que les enveloppes isolantes sont plus efficaces si elles sont recouvertes de laiton poli.

On appelle *pouvoir réflecteur* la propriété qu'ont les corps de réfléchir ou renvoyer une proportion de chaleur plus ou moins grande.

Le cuivre jaune poli a le plus grand pouvoir réflecteur, le noir de fumée a, au contraire, un pouvoir réflecteur nul.

Autrement dit, si on fait arriver des rayons de chaleur sur deux surfaces, l'une en laiton poli, l'autre recouverte de noir de fumée, tandis que la première reste à peu près sans s'échauffer et renvoie toute la chaleur, l'autre absorbe tout, et s'échauffe, ne réfléchissant rien En prenant 100 comme quantité de chaleur réfléchie par le laiton poli, le tableau ci-dessous donne les quantités de chaleur réfléchies par d'autres corps.

Cuivre jaune poli	100	Encre de Chine	15
Argent	90	Etain amalgamé	10
Etain	80	Verre	10
Acier	70	Verre huilé	5
Plomb	60	Noir de fumée	0

Coloration du fer sous l'action de la chaleur.

Une lame de fer décapée, prend, quand on la chauffe au contact de l'air, les colorations suivantes :

Colorations non lumineuses.

Blanc ordinaire	à	59° F.	Violet	à	531° F.
Jaune	"	437° "	Indigo	"	551° "
Orangé	"	473° "	Bleu	"	560° "
Rouge	"	509° "	Vert	"	612° "

Gris à 644° F.

Colorations lumineuses.

Rouge naissant	980° F.	Orangé foncé	2000° F.
Rouge sombre	1300°	Orangé clair	2200°
Cerise naissant	1480°	Blanc	2400°
Cerise	1650°	Blanc fondant	2600°
Cerise clair	1800°	Blanc éblouissant	2750°

Température de fusion.

Fonte de moulage	2300° F.	Bronze d'étain	1450 à 1650°F.
Fonte blanche	2000°	Cuivre	2000°
Acier doux	2700°	Etain	450°
Acier demi-dur	2650°	Plomb	590°
Acier dur	2570°	Zinc	780°

Laiton	Zinc	1	partie	Cuivre	4	parties	1900°
	"	1	"	"	20	"	2300°
Soudure	Plomb	100	parties	Etain	19	parties	550°
	"	100	"	"	113	"	380°

Comparaison des unités thermiques.

1 unité thermique anglaise équivaut à 778 livres pieds ou à 17.59 Watt.
12.41 " " " " à 33000 lbs pieds ou à 746 Watt.

1 calorie (unité franç.) = 3,968 unités thermiques ang.
0,252 " " = 1 " " "

1 calorie par mètre carré équivaut à 0,369 unité anglaise par pied carré.

1 unité thermique anglaise par pied carré équivaut à 2,713 calories par mètre carré.

1 calorie par kilogramme équivaut à 1,800 unités anglaises par livre.

1 unité thermique anglaise par livre équivaut à 0,556 calorie par kilogramme.

MACHINES A VAPEUR.

Une machine à vapeur comporte 6 parties principales :

1o. Un cylindre dans lequel se meut un piston ;

2o. Des organes de transmission de mouvement (bielles, balanciers, etc.) ;

3o. Un appareil de distribution envoyant la vapeur successivement sur chacune des faces du piston ;

4o. Un générateur de vapeur ;

5o. Un régulateur ;

6o. Un système d'échappement permettant à la vapeur de sortir du cylindre, son travail effectué.

Action de la vapeur dans le cylindre.

Le piston étant à une des extrémités du cylindre, sa face AB est en communication avec la chaudière et il supporte sur cette face une pression un peu moindre que la pression dans la chaudière ; l'autre face CD est en ce moment en communication soit avec l'atmosphère, soit avec le condenseur, et elle ne supporte qu'une pression un peu supérieure à la pression de l'échappement, pression atmosphérique ou pression du condenseur.

Il résulte de la différence de pression que le piston va se mouvoir de gauche à droite, la pression restant à peu près la même sur la face AB tant que cette face sera en communication avec la chaudière. Portons (fig. 48) une longueur *a. b.* représentant à une certaine échelle, la pression en livres par pouce carré sur AB. (Dans l'exemple

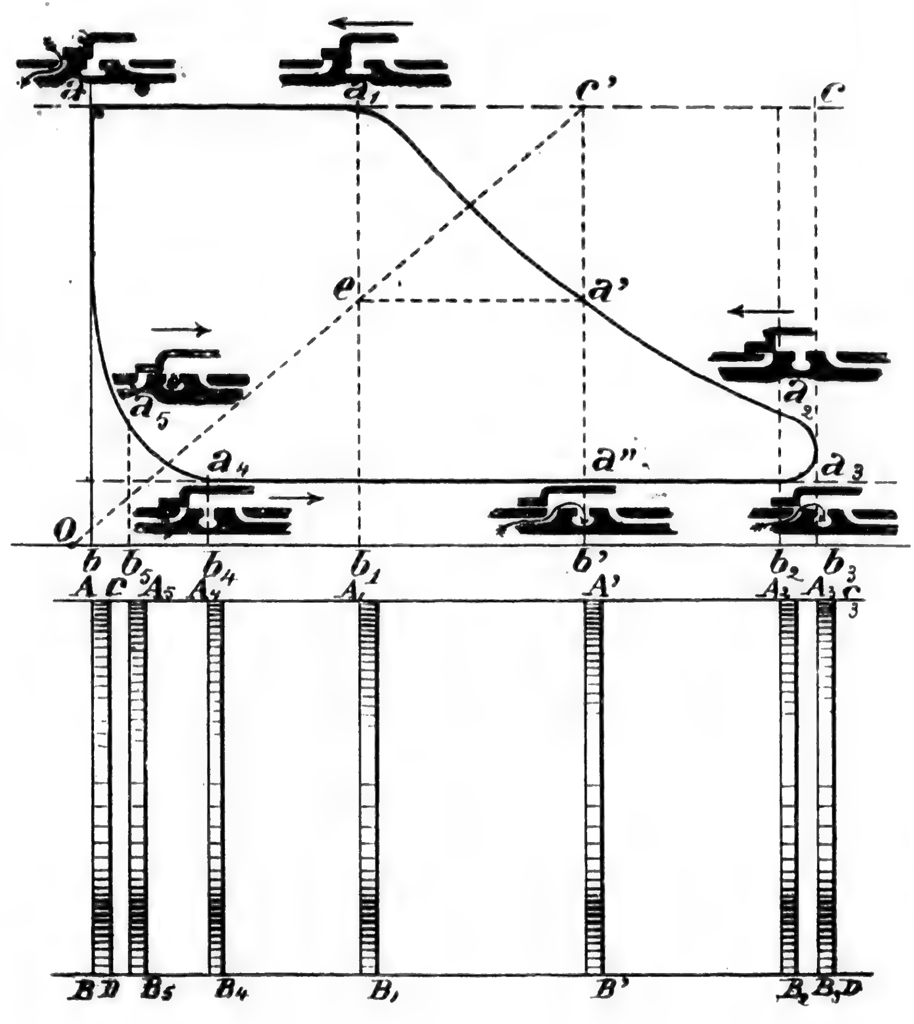


Fig. 48.

ci-dessus, nous avons supposé une pression initiale de 74 lbs et pris 1/32 par livre ce qui donne $a\ b. = 74/32 = 2''\,5/16.$)

Le piston avançant vient en $A_1, B_1,$ à ce moment, on ferme l'admission de vapeur, la pression est $a_1, b_1, = a\ b$. La détente commence, le piston continue à se mouvoir et la pression va en diminuant, la même quantité de vapeur occupant un volume de plus en plus grand. (Loi de Mariotte.) Pour une position quelconque du piston $A'\ B'$, la pression est $a'\ b'$. Lorsque le piston est en $A_2, B_2,$ la pression n'est plus que $a_2, b_2,$ on met alors la face $A_2, B_2,$ en communication avec l'échappement, soit l'atmosphère, soit le condenseur, (avance à l'échappement), la pression descend aussitôt brusquement et le piston arrive à l'autre extrémité de sa course. La face $C_3, D_3,$ est à ce moment en communication avec la chaudière et la face $A_3, B_3,$ ne supportant que la pression de l'échappement (contre pression), le piston va se mouvoir de droite à gauche, la pression demeurant $a_3, b_3.$ Lorsque le piston arrive en $A_4, B_4,$ on coupe la communication avec l'échappement, la vapeur contenue encore dans le cylindre du côté de $A_4, B_4,$ est alors comprimée, la pression va en augmentant et devient $a_5, b_5,$ (compression) ; à ce moment on met la face $A_5, B_5,$ en communication avec la chaudière, la pression remonte brusquement (avance à l'admission), et redevient $a\ b$. Le piston est alors prêt à repartir de gauche à droite.

Les mêmes phénomènes se produisent en sens inverse sur l'autre face du piston.

On voit que pour une position quelconque $A'\ B'$ la pression est représentée par la longueur $a''\ a'$.

Le travail pour un coup de piston sera représenté par l'aire de la surface $a, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5,$ (les hauteurs étant

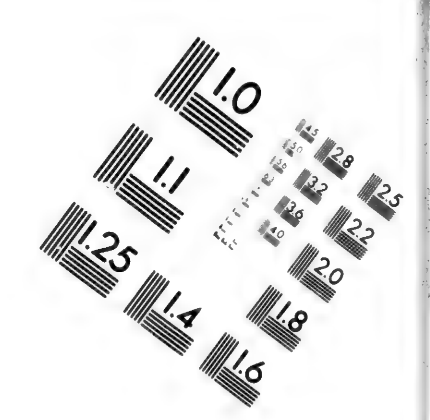
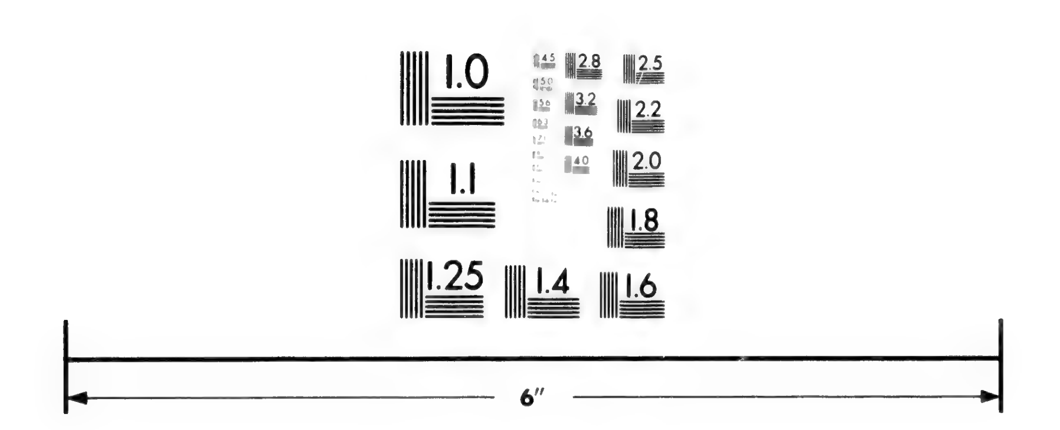
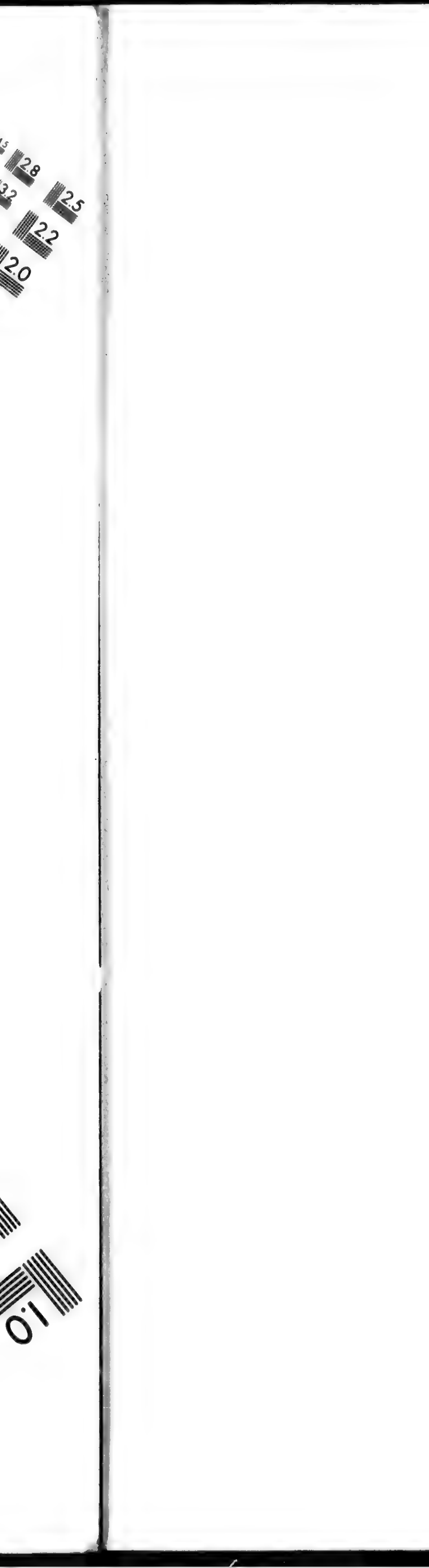


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)





mesurées en pression et les longueurs en longueur) du cylindre multipliée par l'aire du piston.

La pression moyenne s'obtiendra en divisant l'aire mesurée tel qu'il vient d'être dit par la longueur.

La courbe a_1, a_2 (courbe de détente ou expansion line) est à peu près une hyperbole et peut se tracer de la manière suivante : On porte $b\ O$ égal à la longueur correspondante à l'espace nuisible (environ 0.05 à 0.025 de la course) puis $b\ b_1$ égal à la fraction de course pendant laquelle la face $A\ B$ du piston est en communication avec la chaudière ; puis, pour avoir un point de la courbe situé sur une ligne verticale quelconque $b'c'$, on joint $O'\ c'$; cette ligne coupe $b\ b_1$ en un point e ; par e on mène une horizontale qui rencontre $b'\ c'$ en a' ; a' est le point cherché.

Puissance des machines.

Le cheval vapeur (horse power) est l'unité de puissance pour les machines ; il correspond à un travail de 33000 livres-pieds par minute.

On distingue :

1o. *La force nominale ou puissance nominale* (nominal horse power). C'est la puissance de la machine en supposant une pression moyenne de 7 lbs par pouce carré. Cette manière de comparer les machines est aujourd'hui abandonnée.

2o. *La puissance réelle* (Brake horse power). C'est la puissance réellement disponible sur l'arbre de la machine ; elle est égale à la puissance indiquée, diminuée de la puis

sance absorbée par les frottements de la machine même. On l'obtient à l'aide du frein de Prony, (page 110).

3o. *La force indiquée ou puissance indiquée.*—On l'obtient en multipliant l'aire du piston en pouces carrés par la pression moyenne par pouce, puis ce résultat par la course du piston en pieds et par le nombre de coups de piston par minute, (ce nombre est le double du nombre de révolutions); on divise ensuite le tout par 33000.

Puissance indiquée =

$$\frac{\text{aire du pist.} \times \text{press. moy.} \times \text{course} \times \text{nomb. de coups de pist.}}{33000}$$

La pression moyenne peut être obtenue, soit à l'aide d'un diagramme théorique tel qu'il a été dit, soit à l'aide de l'indicateur, (voir indicateur), soit par la méthode ci-après :

Pour avoir la pression moyenne effective, multiplier la pression initiale absolue par la constante donnée vis-à-vis l'admission employée (tableau A ci-après, page 180) et retrancher du résultat la contre-pression. Cette contre-pression est en moyenne d'environ 16 lbs pour une machine sans condensation et de 4 lbs pour une machine à condensation.

Les pressions moyennes obtenues à l'aide de cette table sont les pressions moyennes théoriques ; en réalité, les pressions moyennes sont inférieures à celles ainsi calculées ; pour avoir les pressions moyennes vraies, il faut multiplier les résultats par les facteurs ci-après :

Machines à triple expansion 0.7
Machines à tiroir ordinaire 0.8 à 0.85
Machines de grande dimension 0.9
Machines supérieures avec chemise de vapeur 0.95

TABLEAU A.

Admiss.	Constante.	Admiss.	Constante.	Admiss.	Constante.
¾	0.968	3/10	0.664	1/12	0.290
7/10	0.952	¼	0.596	1/13	0.274
⅔	0.934	1/5	0.522	1/14	0.260
⅝	0,910	⅙	0.465	1/15	0.247
6/10	0.913	1/7	0.4[illegible]1	1/16	0.236
½	0.846	⅛	0.385	1/17	0 226
4/10	0.766	1/9	0.355	1/18	0.116
⅜	0.750	1/10	0.330	1/19	0.208
⅓	0.699	1/11	0.309	1/20	0.200

TABLEAU B,

Diamètre.	Constante.	Diamètre.	Constante.	Diamètre.	Constante.
6	0.000856	21	0.010494	36	0 03084
7	0.001176	22	0.011518	37	0.03258
8	0.001522	23	0.012588	88	9 03436
9	0.001926	24	0.013706	39	0.0362
10	0.002380	25	0.014872	40	0 03808
11	0.00288	26	0.016088	41	0.04000
12	0.003416	27	0.017332	42	0.04199
13	0.00402	28	0.018656	43	0.04400
14	0.004661	29	0.02002	44	0.04606
15	0.005354	30	0.02142	45	0.04818
16	0.006090	31	0.02286	46	0.05036
17	0.006848	32	0.02436	47	0.05256
18	0.007708	33	0.02592	48	0.05482
19	0.008590	34	0.02746	49	0.05714
20	0.009518	35	0.02914	50	0 05950

On peut également obtenir la puissance indiquée d'une machine en employant la règle suivante : (Tableau B, page 180).

Multiplier la constante placée vis-à-vis le diamètre du piston par la vitesse du piston " en pieds par minute," et le produit par la pression moyenne trouvée tel qu'il est dit précédemment.

Vitesse du piston.

La vitesse moyenne d'un piston par minute, s'obtient en multipliant la course en pieds par deux fois le nombre de révolutions. Cette vitesse est variable, nous donnons dans le tableau ci-après les vitesses les plus employées pour différents types.

Machines marines (torpilleurs)	1000 à 1200′
" " ordinaires	600 à 1000
" pour dynamos	800 à 1200
Machines ordinaires à grande vitesse	350 à 700
" Corliss	600 à 700
" ordinaires horizontales	250 à 450
Pompes	125 à 150
Locomotives	1000 et au-dessus.

N.-B—Pour exemples numériques relatifs aux calculs des machines à vapeur, voir la fin du chapitre.

DEGRES D'ADMISSION CORRESPONDANT AU FONCTIONNEMENT LE PLUS ÉCONOMIQUE.

		Pression initiale.				
		45 lbs.	60 lbs.	75 lbs.	90 lbs.	105 lbs.
Machines sans condensation.	Détente fixe ou à coulisses.	0.53 à 0.46 * 0.46 à 0.42	0.46 à 0.39 0.40 à 0.35	0.40 à 0.31 0.33 à 0.27	0.36 à 0.28 0.30 à 0.25	0.34 à 0.27 0.28 à 0.23
	Détente variable par régulateur.	0.39 à 0.33 * 0.30	0.33 à 0.28 0.25	0.28 à 0.22 0.19	9.24 à 0.19 0.15	0.19 à 0.17 0.135
Avec condensation et détente variable par regulateur.	à un cylindre, sans enveloppe.	0.20 à 0.17 * 0.13	0.17 à 0.15 0.12	0.15 à 0.13 0.11	0.14 à 0.13 0.10	0.14 à 0.12 0.095
	à un cylindre, avec enveloppe.	0.15 à 0.13 * 0.09	0.13 à 0.11 0.075	0.11 à 0.09 0.06	0.10 à 0.08 0.05	0.09 à 0.08 0.05
	à deux cylindres.	0.12 à 0.11 * 0.10	0,10 à 0.09 0.085	0.09 à 0.08 0.07	0.08 à 0.07 0.06	0.07 à 0.06 0.055

* Représentant les limites inférieures.

Nous donnons ci-après les pressions les plus usuelles pour les différents types de machines.

	Pression.	
	sans condensat.	à condensation
Machine ordinaire..................	80—90	60—80
" compound................	100—130	80—110
" triple expansion......	160—180	140—160
Machine locomobile.............	140	
Locomotive simple...............	150	
Locomotive compound.........	180	

Systèmes de distribution.

Les systèmes de distribution employés sont très nombreux. On peut les ramener aux types suivants :

1o. Distribution par tiroir à coquille (slide valve).

2o. " " avec plaque de détente.

3o. " " avec détente variable par excentrique à calage et à course réglable.

4o. Distribution par tiroir à détente variable et changement de marche par coulisse.

5o. Distribution à 4 distributeurs sans déclic.

6o. " " avec déclic et tiroirs circulaires.

7o. Distribution à soupape sans déclic.

8o. " " à déclic.

9o. " à 4 distributeurs à tiroirs plans à déclic.

Tiroir.—Le tiroir (fig. 49) se compose d'une pièce en fonte évidée intérieurement et soigneusement rabotée. Cette pièce peut glisser sur une surface également rabotée appelée glace. Sur la glace débouchent les lumières (steam ports) permettant à la vapeur d'arriver dans le cylindre, et la lumière d'échappement (exhaust port) permettant à la vapeur ayant agi de passer au condenseur ou de l'échapper dans l'air.

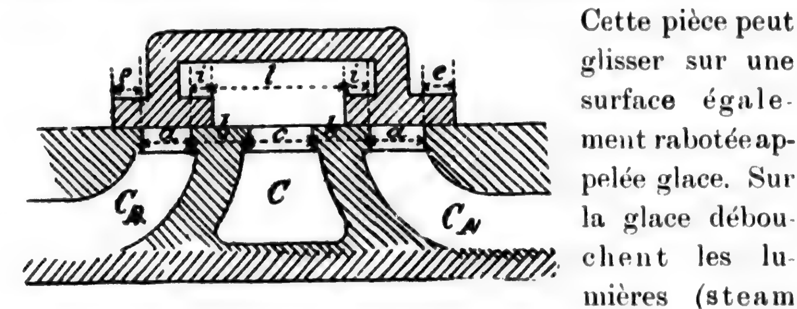


Fig. 49.

Dans la position moyenne du tiroir, les lumières d'admission sont recouvertes par les patins. Ces patins dépassent extérieurement d'une quantité (*e*) appelée recouvrement à l'admission ou recouvrement extérieur (outside or steam lap or cover) et intérieurement d'une quantité (*i*) appelée recouvrement à l'échappement ou recouvrement intérieur (inside lap or cover). On voit que, partant de la position moyenne, le tiroir aura à parcourir un chemin égal au recouvrement extérieur avant que la vapeur ne soit admise, et un chemin égal au recouvrement intérieur avant que la vapeur ne puisse s'échapper.

Le tiroir, dans les machines ordinaires, est commandé par un excentrique calé sur l'arbre de la manivelle. Pour le bon fonctionnement de la machine, il faut que la vapeur soit admise dans le cylindre avant que le piston ne

soit arrivé à l'extrémité de sa course ; or, à ce moment, si l'excentrique était calé à 90° avec la manivelle, le tiroir serait dans sa position moyenne et il lui resterait par suite à parcourir un chemin égal au recouvrement extérieur avant de permettre l'admission. Pour obtenir l'avance à l'admission, il faudra donc que, à ce moment, le tiroir ait parcouru un chemin égal au recouvrement, plus celui correspondant à la quantité dont on veut que la lumière soit découverte (lead). Pour arriver à ce résultat, on cale l'excentrique de manière qu'il fasse avec la manivelle un angle plus grand que 90°, cet angle est appelé *l'angle de calage*.

Si OA représente le rayon de l'excentrique lorsque la manivelle est au point mort, en menant la perpendiculaire AE on voit que, FE représentant la quantité dont doit être découverte la lumière d'admission et OF le recouvrement extérieur, on devra avoir OE égal à la somme de ces deux quantités.

Il résulte de l'angle d'avance et du recouvrement que l'admission sera fermée avant que le piston ne soit arrivé à l'extrémité. A ce moment la détente commence. En étudiant le mouvement de l'arête intérieure du tiroir on voit qu'il y aura également avance à l'échappement ; de plus, l'échappement est fermé avant que le piston n'arrive au bout de sa course, la vapeur contenue alors dans le cylindre sera comprimée (compression).

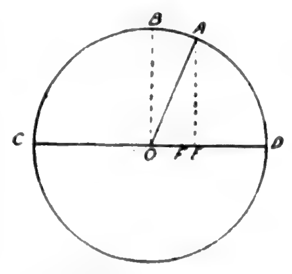


Fig. 50.

Le diagramme (fig. 48) indique les différentes phases de la distribution.

Epure de la distribution.

Sur un diamètre XY égal à la course du tiroir, décrivons une circonférence. Soit OC la position de la manivelle pour laquelle on veut que l'admission commence, l'arc CY que devra encore décrire la manivelle avant d'arriver au point mort, sera l'arc d'avance à l'admission. Soit OD, la position de la manivelle pour laquelle on veut que l'admission cesse, l'arc CD sera l'arc d'admission, joignons DC, puis de O comme centre, menons un diamètre perpendiculaire sur CD, soit AB ce diamètre, sur BO et sur OA comme diamètres, décrivons des circonférences.

On démontre à l'aide de calculs qu'il serait trop long d'exposer ici que, pour une position quelconque de la manivelle, telle que OZ, le tiroir s'est déplacé de sa position moyenne d'une quantité $O\,3$, $O\,3$ étant la portion de rayon du grand cercle limitée par sa rencontre avec le petit cercle. On peut ainsi obtenir aisément la position du tiroir pour une position donnée de la manivelle, il suffit de mener par O un rayon parallèle à la direction de la manivelle et de mesurer la distance comprise entre le centre du cercle et le point où ce rayon coupe le petit cercle.

Si on veut que l'admission commence lorsque la manivelle est dans la direction OC, il faut qu'à ce moment le tiroir soit dans une position telle que son arête d'admission soit sur le point dedé couvrir la lumière. Puisque, à ce moment, le tiroir a parcouru le chemin OM, on en déduit que OM est ce dont dépassait l'arête du tiroir au delà de la lumière, dans la position moyenne, c'est-à-dire le recouvrement à l'admission.

La manivelle continuant sa course, l'arête du tiroir continue à s'éloigner et découvre la lumière d'admission d'une quantité SB, puis elle revient sur elle-même et lorsque la manivelle est en OD, l'arête est en N, ON étant le recouvrement, l'admission est fermée.

Supposons qu'on veuille faire commencer l'échappement lorsque la manivelle est en OE. Le tiroir aura à ce moment dépassé sa position moyenne d'une quantité OP. Si on veut qu'à ce moment l'échappement commence, il faudra que dans cette position l'arête d'échappement du tiroir soit sur le point de découvrir la lumière, OP sera par suite le recouvrement à l'échappement, la manivelle continuant son mouvement, l'échappement sera de plus en plus découvert, VK représente la hauteur de la lumière. Quand la manivelle est dans la position OF, l'arête est revenue à la distance $OQ = OP$, l'échappement se ferme, la compression commence enfin en OC, la vapeur est introduite de nouveau.

Le diagramme (fig. 51) placé au-dessous de l'épure indique le diagramme probable que donnerait l'indicateur de Watt pour une machine fonctionnant dans ces conditions.

L'angle XOB est l'angle que fait la manivelle avec le rayon de l'excentrique (angle de calage).

Supposons maintenant que l'on veuille déterminer l'angle de calage, le rayon de l'excentrique et les recouvrements pour assurer le fonctionnement d'une machine dont on donne la détente, la hauteur qui doit découvrir le tiroir à l'admission, la hauteur de l'orifice d'échappement, l'avance à l'admission et l'avance à l'échappement. On décrit une circonférence quelconque.

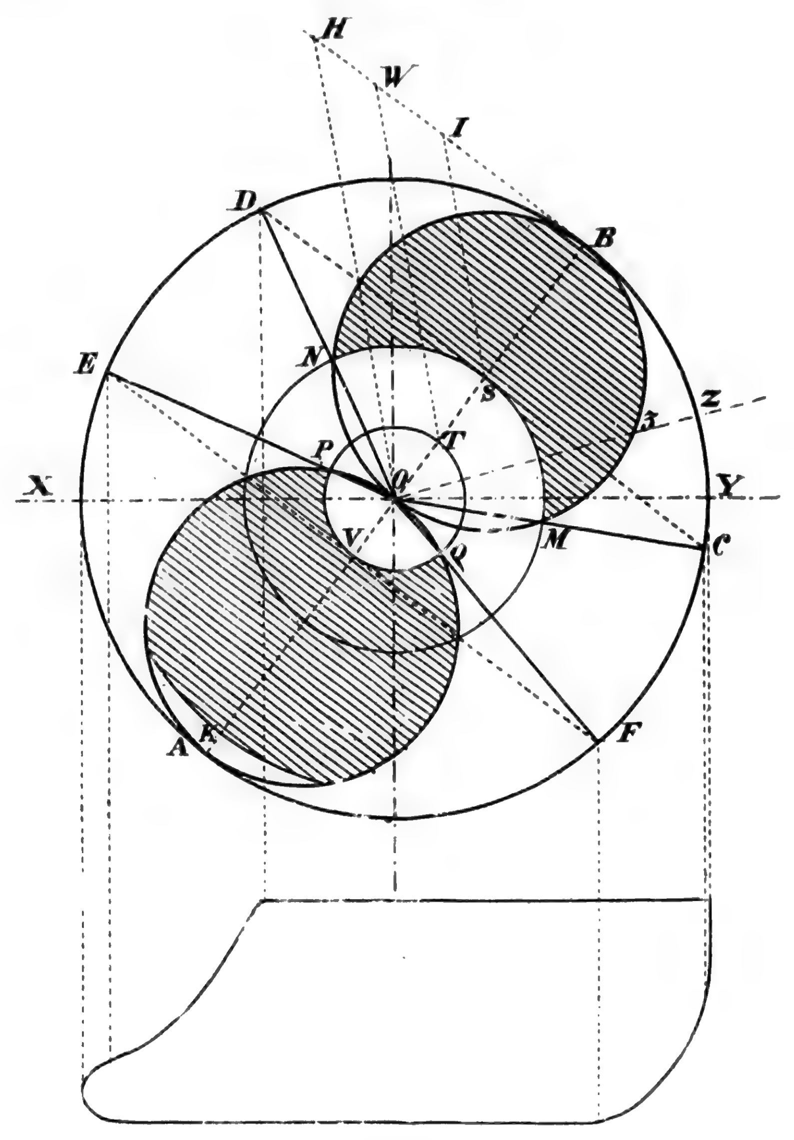


Fig. 51.

On porte $C\ Y$ égal à l'arc d'avance à l'admission, $Y\ D$ égal à l'arc que décrit la manivelle à partir du point mort jusqu'au moment où on désire faire commencer la détente, on mène les rayons $O\ D$, $O\ C$, on joint $D\ C$ puis on mène un diamètre perpendiculaire à $D\ C$, l'angle $X\ O\ B$ est l'angle de calage. Sur $O\ B$ comme diamètre on décrit une circonférence, de même sur $O\ A$. On prend ensuite $E\ X$ égal à l'arc que doit encore décrire la manivelle avant d'arriver au point mort, lorsqu'on veut que l'échappement commence. On obtient ainsi les points M et P, avec $O\ M$ et $O\ P$ comme rayons, on décrit des circonférences qui coupent $O\ B$ en S et T.

On mène une droite quelconque $B\ H$ puis prenant $B\ I$ = à la hauteur que doit découvrir le tiroir à l'admission et joignant $S\ I$, on mène $T\ W$ et $O\ H$ parallèles à $S\ I$; on a alors

$B\ H$ = rayon de l'excentrique.
$H\ V$ = hauteur du recouvrement à l'échappement.
$H\ I$ = " " l'admission.

l'arc $F\ C$ est l'arc que décrit la manivelle pendant la période de compression.

Distributeurs à plaques de détente. (Meyer, Farcot.)

Les tiroirs ordinaires ne permettent que de faibles détentes. Pour les détentes plus fortes on peut faire usage des tiroirs avec plaques de détente. Ce sont deux tiroirs superposés, le dos du premier tiroir appelé tiroir de distribution porte des orifices ou lumières et sert de glace au deuxième tiroir ou plaque de détente. La vapeur n'est

admise qu'autant que la plaque de détente ne ferme pas les orifices placés sur le dos du tiroir et que le tiroir lui-même découvre les lumières d'admission.

Nous ne pouvons, étant donné le cadre restreint de cet ouvrage, passer en revue toutes les dispositions adoptées, nous nous contenterons d'étudier sommairement les distributeurs de la 6° catégorie (Corliss et dérivés).

Les avantages des mac. .nes à 4 distributeurs avec déclic sont les suivants :

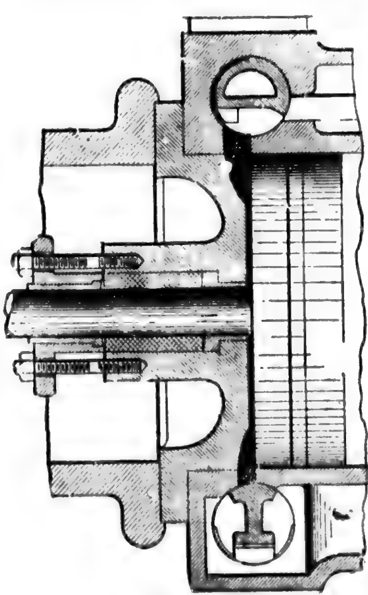
1o. Fermeture rapide des organes d'admission.

2o. Réglage facile dû à l'indépendance des distributeurs.

3o. Facilité pour faire agir le régulateur sur la détente.

4o. Réduction des espaces nuisibles.

5o. La vapeur n'a pas à traverser des espaces refroidis par la vapeur d'échappement.


Fig. 52.

Les tiroirs de la machine Corliss sont circulaires et mobiles autour d'axes horizontaux. La fermeture des tiroirs d'admission est opérée à l'aide d'un ressort ou de l'air comprimé, la bielle commandant le tiroir devenant à un moment indépendante du mécanisme donnant le mouvement aux 4 distributeurs. En faisant varier l'instant où le déclic agit on augmente ou on diminue la détente.

Machine de Wolf.

Dans ces machines, la vapeur agit à pleine pression dans un petit cylindre puis se détend dans un grand. L'avantage de ces machines est que jamais un même cylindre n'est soumis à d'aussi grandes différences de température que dans les machines ordinaires où le même cylindre est successivement soumis à la température de la vapeur d'admission puis à la température de l'échappement.

Les deux pistons dans la machine de Wolf ont un même mouvement.

Machine compound.

Ces machines sont également à deux cylindres, mais la vapeur sortant du petit cylindre a passe dans un réservoir intermédiaire c, (receiver), et de là dans le grand cylindre b. A l'aide de cette disposition on peut caler la manivelle à 90°.

La fig. 53 représente une machine compound dans trois positions.

Dans la position 1, la vapeur passe de a dans le réservoir c, et de là dans le cylindre b ; l'admission au cylindre b se ferme d'ailleurs généralement avant que le piston n'arrive à l'extrémité de sa course (cut off). La vapeur passe alors simplement de a dans c. Dans la position II, la vapeur de a passe à travers c et vient agir sous le piston de b, l'autre côté de ce piston étant ouvert à l'échappement.

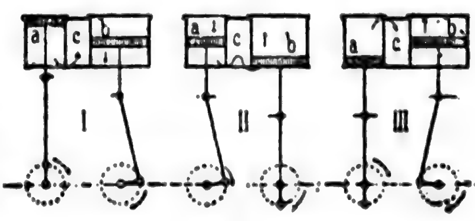


Fig. 53.

Dans la position III, l'admission dans *b* est fermée, la vapeur de *a* passe dans *c*.

Les deux cylindres agissent comme deux machines indépendantes.

La capacité du réservoir doit être au moins égale à celle du petit cylindre et au plus à celle du grand.

Le rapport entre les aires des deux pistons varie suivant les constructeurs et suivant le fonctionnement de la machine.

On construit aussi sur ce même principe des machines à triple expansion.

Cylindre à vapeur.

En appelant *D*, le diamètre du cylindre en pouces, *p*, la pression moyenne, *v*, la vitesse du piston en pieds par

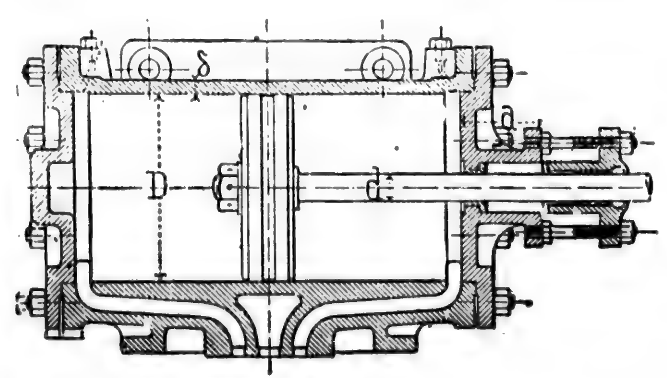


Fig. 54.

minute et *H. P*, la puissance indiquée, on a le diamètre *D* par la formule

$$D = 205 \sqrt{\frac{H.\ P}{p \times v}}$$

RÈGLE.—Diviser le nombre de chevaux indiqués, par le produit obtenu en multipliant la pression moyenne par la vitesse, prendre la racine carrée du quotient et multiplier le résultat par 205.

La course peut être prise double du diamètre, mais elle est souvent moindre.

L'épaisseur du cylindre en pouces est donnée par la formule

$$e = \frac{D \times p}{4000} + 0.5$$

D, diamètre en pouces, p, plus grande pression en livres par pouce carré qu'aura à supporter le cylindre.

L'épaisseur des couvercles ou fonds peut s'obtenir en multipliant l'épaisseur du cylindre par 1.2.

La largeur des brides du cylindre peut être prise égale à 3 fois ½ le diamètre des boulons devant servir à assembler le cylindre et les fonds.

La diamètre d des boulons d'assemblage est donné par la formule

$$d = D\sqrt{\frac{p}{n \times f}}$$

D, diamètre du cylindre, p, pression en livres par pouce carré dans le cylindre, n, nombre de boulons, $f = 2000$ à 4000 (ce dernier chiffre pour les grandes machines). Ces boulons ne doivent pas avoir moins de $\frac{5}{8}$ de pouce.

Lumières d'admission et d'échappement. (Steam and exhaust ports.)

Si une même lumière (port) est employée pour l'admission et pour l'échappement, on lui donne une section telle

que la vitesse de la vapeur à l'échappement ne dépasse pas 4 à 5000 pieds par minute.

Avec le tiroir ordinaire, une partie seulement de la lumière est découverte pour l'admission, la vitesse de la vapeur ne doit pas alors dépasser 6 à 7000 pieds par minute ; on prend fréquemment, pour largeur de l'admission, $\frac{3}{4}$ à $\frac{5}{8}$ de la largeur à l'échappement.

Quand on fait usage de lumières séparées, on donne à chacune d'elles les dimensions correspondant aux vitesses données ci-dessus.

Dans les Corliss on donne souvent pour aire de la lumière à l'admission 1/12 de l'aire du piston, et, pour l'échappement, 1/8.

La longueur des lumières varie entre 0.5 et 0.9 du diamètre du cylindre.

En appelant D, le diamètre du piston, v, sa vitesse en pieds par minute, on peut prendre :

Diamètre du tuyau d'admission en pouces $= \sqrt{\frac{D^2 \times v}{6000}}$

" " d'échappement " $= \sqrt{\frac{D^2 \times v}{4000}}$

Aire totale de la lumière en pouces carrés $= \frac{D^2 \times v}{6366}$

Aire de la lumière à l'admissson " $= \frac{D^2 \times v}{8912}$

Distribution.—En appelant r, le rayon de l'excentrique, c, la course du tiroir, b, la plus grande largeur de l'orifice découverte à l'admission, a, la largeur totale de l'orifice, L, la course totale du piston, l, la course du piston jusqu'au

point d'interception (course à pleine pression), l', la course du piston après le point d'interception (course pendant la détente), e, le recouvrement à l'admission (steam or outside lap), i, le recouvrement à l'échappement (exhaust or inside lap), h, l'avance à l'admission mesurée sur la course du tiroir, m, l'angle d'avance de l'excentrique, x, la fraction de la course parcourue par le piston après le point d'interception, (pendant la détente), on a :

$$x = \frac{l'}{L} = \frac{L - l}{L} ;$$

$$e = \frac{c \sqrt{x} - h}{2}$$

$$c = \frac{2\,e + h}{\sqrt{x}} = 2\,b + 2\,e = 2\,r$$

$$x = \left(\frac{2\,e + h}{c}\right)^2 ;$$

$$h = c \sqrt{x} - 2\,e$$

$$l' = x \times L = L \times \left(\frac{2\,e + h}{c}\right)^2$$

$$l = L - l' = L \times \left(1 - \frac{2\,e + h}{c}\right)^2$$

$$r = b + e$$

$$sin.\ m = \frac{h + e}{r}$$

RÈGLES.—1° Pour avoir la fraction de course parcourue par le piston avant le point d'interception (admission), diviser la course du piston avant le point d'interception par la course totale.

2° Pour avoir la fraction de course parcourue pendant la détente, diviser la course du piston pendant la détente par la course totale. En retranchant la fraction de course pendant la détente de 1, on obtient la fraction de course pendant l'admission.

3° Pour trouver le recouvrement à l'admisson, chercher d'abord la fraction de course pendant la détente ; pour cela, diviser la course parcourue par le piston pendant la détente par la course totale du piston. Puis, prendre la racine carrée du quotient obtenu, et multiplier cette racine par la course du tiroir ; retrancher du produit l'avance à l'admission mesurée sur le tiroir, et diviser le résultat par 2.

Exemple : Quelle devra être la largeur du recouvrement à l'admission, si on veut couper la vapeur à 40″, la course du piston étant de 60″, l'avance $\frac{1}{8}$, et la course du tiroir 9″ ?

Si on coupe à 40″ il reste 60 — 40 ou 20″ comme course pendant la détente : 20 divisé par la course totale 60 donne $\frac{1}{3}$ dont la racine carrée (page 25) est 0.577 ; multipliant 0.577 par la course du tiroir 9″ on trouve 5.193. Retranchant de 5.193, $\frac{1}{8}$ ou 0.125 on a 5.068 qui, divisé par 2 donne 2″534.

4° Pour trouver le point d'interception, c'est-à-dire le point de la course du piston à partir duquel la vapeur agit seulement en se détendant, ajouter au double du recouvrement extérieur l'avance à l'admission, diviser le résultat par la course du tiroir, élever ensuite au carré le quotient obtenu et multiplier ce carré par la course du piston ; le résultat représentera la distance l' du point d'interception à l'extrémité de la course (détente). En retranchant ce chiffre de la course totale, on obtiendra la distance du

point d'interception à l'autre extrémité de la course (admission).

Exemple : A quelle distance du commencement de la course sera coupée la vapeur si la course totale est 60″, le recouvrement à l'admission $2''\frac{1}{2}$, l'avance à l'admission $\frac{1}{8}$ et la course du tiroir 9″ ?

En ajoutant au double du recouvrement, $2 \times 2.5 = 5''$, l'avance $\frac{1}{8}$ ou 0.125, on trouve 5″125 qui, divisé par la course 9, donne 0.569 ; élevant 0.569 au carré on obtient 0.324. Multipliant 0.324 par la course 60″ on a 19.44 comme distance du point d'interception à l'extrémité de la course. Retranchant 19.44 de 60 on trouve 40″56 comme distance du point d'interception au commencement de la course.

On peut également résoudre le problème général suivant :

On donne la fraction de course à l'admission, la largeur de la lumière découverte à l'admission (b), et l'avance mesurée sur la course du tiroir (h), trouver le recouvrement, l'avance angulaire (angle d'avance) et le rayon de l'excentrique.

On emploie alors la formule suivante :

$$e = K\left(b \quad \frac{h}{2}\right) \quad \frac{h}{2}$$

dans laquelle $K = \dfrac{\sqrt{x}}{1 - \sqrt{x}}$

En calculant K pour les différentes fractions de course pendant l'admission, on trouve les valeurs suivantes :

Fractions de course avant le point d'interception.	1/5 0.20	$\frac{1}{4}$ 0.25	3/10 0.30	$\frac{1}{3}$ 0.333	$\frac{3}{8}$ 0.375	2/5 0.40	$\frac{1}{2}$ 0 50
$K =$	8.43	6.46	5.10	4.37	3.76	3.34	2.41
Fractions de course avant le point d'interception.	3/5 0.60	$\frac{5}{8}$ 0 625	7/10 0.70	$\frac{3}{4}$ 0.75	4/5 0.80	$\frac{7}{8}$ 0.875	9/10 0.90
$K =$	1.71	1.56	1.20	1.00	0.808	0.543	0.462

Connaissant la course du tiroir (c) et la fraction de course pendant l'admission, on en déduit la fraction de course pendant la détente, puis, à l'aide des règles précédentes, on calcule les autres éléments.

Règle.—Pour obtenir la course du tiroir, retrancher de la plus grande largeur découverte à l'admission la moitié de l'avance à l'admission, multiplier le chiffre trouvé par la valeur de K prise dans le tableau ci-dessus, puis retrancher du produit la moitié de l'avance à l'admission.

Dans tout ce qui précède, il n'est pas tenu compte de l'obliquité de la bielle ; cette obliquité a pour effet, lorsque les recouvrements sont égaux, de rendre inégales les périodes d'admission sur les deux faces du piston.

VARIATIONS DANS LA DISTRIBUTION.

En augmentant.	Admission.	Détente.	Echappement.	Compression.
Le recouvrement à l'admission.	Vient plus tard, cesse plus tôt.	Vient plus tôt. Se continue plus longtemps.	Reste sans changement.	Commence comme avant.
Le recouvrement à l'échappement.	Reste sans changement.	Commence comme avant. Se continueplus longtemps.	Vient plus tard. Cesse plus tôt.	Commence plus tôt. Se continue plus longtemps.
L'avance angulaire	Commence plus tôt. Durée non changée.	Commence plus tôt. Durée non changée.	Commence plus tôt. Durée non changée.	Commence plus tôt. Durée non changée.

Tiroir Corliss.

On peut prendre pour diamètre de la valve d'admission $\frac{1}{8}$ du diamètre du cylindre $+ 2''$, et $\frac{1}{6}$ du diamètre du cylindre $+ 2''$ pour diamètre de la valve d'échappement, si, ainsi que cela se fait quelquefois, cette dernière est de dimensions plus grandes que celles de la valve d'admission. Le déplacement angulaire des valves ne doit pas dépasser 60 à 70°.

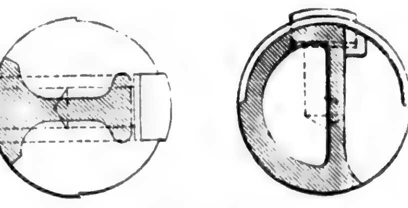


Fig. 55.

Piston.

L'épaisseur du piston varie de 0.2 à 0.5 du diamètre du cylindre. Les proportions suivantes peuvent être adoptées pour une machine horizontale marchant avec une pression moyenne.

Diamètre du cylindre	8″	10″	12″	14″	16″	18″
Epaisseur du piston	3″½	3″¾	4″	4″¼	4″½	5″
Diamètre du cylindre	20″	22″	24″			
Epaisseur du piston	5″½	6″	6″½			

Tige du piston.—Le diamètre de la tige du piston (d) peut être calculé par la formule suivante (tige en acier) :

$$d = \frac{\text{diamètre du cylindre} \times \sqrt{p}}{60}$$

p étant la pression de la chaudière.

Pour les pressions inférieures ou égales à 75 lbs on fait souvent $d = 1/7\ D$

En appelant L, la course, D, le diamètre du cylindre, d, le diamètre de la tige, p, la plus grande pression on peut aussi faire usage de la formule suivante :

$$\frac{d}{D} = 0.0573 \sqrt{\frac{L}{D}} \sqrt[4]{\frac{p}{15}}$$

Cette formule donne les résultats consignés dans le tableau ci-dessous :

$\frac{L}{D}$	lbs. $p = 45$	lbs. $p=60$	lbs. $p=75$	lbs. $p=90$	lbs. $p=105$	lbs. $p=120$
1.5	$\frac{d}{D}$=0.093	0.099	0.105	0.110	0.114	0.118
2	$\frac{d}{D}$=0.107	0.115	0.121	0.127	0.132	0.136
2.5	$\frac{d}{D}$=0.120	0.128	0.136	0.142	0.148	0.153

Exemple : Quel sera le diamètre de la tige du piston, le diamètre du cylindre étant 30″, la course 45″, la pression 90 lbs ?

On a $L = 45$, $D = 30$, $\frac{L}{D} = 1.5$; prenant dans la colonne horizontale correspondant à $\frac{L}{D} = 1.5$, la valeur de $\frac{d}{D}$ pour la pression de 90 lbs, on trouve $\frac{d}{D} = 0.110$, d'où $d = 0.110 \times D = 0.110 \times 30 = 3'' \frac{3}{10}$.

Coulisseaux.

La surface des coulisseaux peut être obtenue par la formule

$$A = \frac{0.7854\ D^2 \times p}{P \sqrt{n^2 - 1}}$$

D, diamètre du piston, p, plus grande différence de pression sur le piston, P, pression en livres par pouce carré entre les coulisseaux et la glissière, n, rapport entre la longueur de la bielle et le rayon de la manivelle.

La pression P, admissible entre deux surfaces frottantes, est, d'après Ramkim,

$$P = \frac{45000}{60\,v + 20}$$

v, vitesse en pieds par seconde de la partie frottante. P ne doit jamais dépasser 1200 lbs.

Manivelle.

On prend souvent pour épaisseur d'une manivelle en fer forgé le diamètre de l'arbre (crank-shaft) multiplié par 0.72; pour plus grande largeur (du côté de l'arbre), le diamètre de l'arbre multiplié par 1.86, et pour plus petite largeur (du côté du maneton), le diamètre du maneton (wrist, aussi appelé poignet) multiplié par 2.

Maneton ou Bouton de manivelle (Crank-pin ou wrist, aussi appelé poignet). — La longueur du maneton peut être de 1.2 à 1.5, du diamètre.

Le diamètre du maneton s'obtient en appliquant la règle suivante :

Multiplier l'aire du piston par la pression absolue dans la chaudière ; multiplier d'autre part 800 par le rapport entre la longueur et le diamètre du maneton (1.2 à 1.5) ; diviser le premier produit par le second et prendre la racine carrée du quotient.

Exemple : Quel sera le diamètre du maneton de la manivelle, le diamètre du piston étant 24″, la pression dans la chaudière 75 lbs, la longueur du maneton étant égale à 1 fois $\frac{1}{2}$ le diamètre ?

Multipliant la pression absolue 75 + 15 ou 90 par l'aire

du piston 452.39 (tabl. page 34) on trouve 40715 ; multipliant d'autre part 800 par le rapport 1.5 entre la longueur et le diamètre du maneton, on a 1200 ; divisant 40715 par 1200 on obtient 34 dont la racine carrée 5″83 (page 3) est le diamètre cherché.

La longueur du maneton sera $5.83 \times 1.5 = 8''75$.

Arbres de couche.

Pour les machines horizontales ordinaires, on peut trouver le diamètre de l'arbre de couche (crank-shaft) à l'aide des règles suivantes :

1° Pour avoir le diamètre de l'arbre, multiplier la plus grande pression exercée par la bielle sur la manivelle par le rayon de la manivelle exprimé en pieds, et diviser le produit obtenu par 80 si l'arbre est en fer, ou par 120 s'il est en acier ; puis, prendre la racine cubique du résultat.

La plus grande pression s'obtient approximativement en multipliant l'aire du piston en pouces carrés par la pression absolue dans la chaudière.

Exemple : Quel sera le diamètre d'un arbre de couche en fer, le rayon de la manivelle étant de 2′, le diamètre du cylindre 24″ et la pression dans la chaudière 75 lbs ?

La plus grande pression sera : aire du piston ($0.7854 \times 24'' = 452.39$ ou tableau page 34) multipliée par la pression absolue $75 + 15$, ou 90, soit $452.39 \times 90 = 40715$.

Multipliant cette pression 40715 par le rayon de la manivelle 2, on obtient 81430, qui, divisé par 80, donne 1018 ; prenant la racine cubique de 1018, on trouve 10″16 comme diamètre de l'arbre.

2° Pour trouver la plus grande pression que peut exercer la bielle sur la manivelle, élever le diamètre de l'arbre au

cube, multiplier le nombre trouvé par 80 si l'arbre est en fer ou par 120 s'il est en acier, et diviser le produit par le rayon de la manivelle en pieds.

Le règlement concernant l'inspection des arbres moteurs de bateaux à vapeur donne pour le calcul des arbres moteurs ou arbres de couche les formules suivantes :

$$S = \sqrt[3]{\frac{c \times P \times D^2}{f\left(2 + \frac{D^2}{d^2}\right)}}; \quad P = \frac{f \times S^3}{c \times D^2}\left(2 + \frac{D^2}{d^2}\right)$$

Dans ces formules, S, représente le diamètre de l'arbre en pouces, d, le diamètre du cylindre à haute pression en pouces, D, le diamètre du cylindre à basse pression, P, la pression absolue en livres par pouce carré, c'est-à-dire la pression de la chaudière augmentée de 15 lbs, c, le rayon de la manivelle en pouces, f, une constante dont les valeurs sont données dans le tableau ci-dessous :

Angles faits par les axes des manivelles.	Valeur de f pour arbres moteurs et de manivelle.	Valeur de f pour arbre de l'hélice.
90°	1047	1221
100°	966	1128
110°	904	1055
120°	855	997
130°	817	953
140°	788	919
150°	766	894
160°	751	877
170°	743	867
180°	740	864

Pour trois manivelles à 120° les valeurs de f sont respectivement 1110 et 1295 ; lorsqu'il n'y a qu'une manivelle les constantes applicables sont celles de 180°. Pour machines à aubes de modèle ordinaire les constantes de la 1ère colonne doivent être multipliées par 1.4.

Des formules précédentes on déduit les règles suivantes :

1° Pour obtenir le diamètre, multiplier le rayon de la manivelle en pouces par la pression absolue en livres par pouce carré (pression de la chaudière + 15), puis le produit par le carré du diamètre du cylindre à basse pression ; on trouve ainsi un certain nombre A. Faire ensuite le carré du diamètre du cylindre à basse pression, et le carré du diamètre du cylindre à haute pression ; diviser le premier carré par le second, ajouter 2 au quotient et multiplier le résultat obtenu par la valeur de f prise dans le tableau ci-contre, on obtient ainsi un nombre B. Diviser le nombre A précédemment trouvé par le nombre B, et prendre la racine cubique du quotient (page 3 et suivantes), le résultat sera le diamètre de l'arbre en pouces.

Exemple : Quel sera le diamètre d'un arbre moteur de bateau, le diamètre du cylindre à basse pression étant 40″, celui du cylindre à haute pression 24″, la pression dans la chaudière 125 lbs et le rayon de la manivelle 27″, les manivelles faisant un angle de 90° ?

Multipliant le rayon de la manivelle 27 par la pression absolue 125 + 15 ou 140, on trouve 3780 qui, multiplié par le carré du diamètre du cylindre à basse pression 1600, donne 6.048000 (A).

Divisant, d'autre part, le carré du diamètre du cylindre

à basse pression 1600 par le carré du diamètre du cylindre à haute pression 576, on trouve 2.77 ; ajoutant 2 au quotient 2.77 et multipliant le résultat obtenu 4.77 par la valeur de f, 1047, pour 90° (tableau précédent) on obtient 4994 (B).

Divisant le nombre (A) 6048000 par le nombre (B) 4994, on trouve 1211 dont la racine cubique 10″ 66 est le diamètre cherché.

2o. Pour trouver la pression absolue dans la chaudière, calculer le nombre (B) comme dans la règle précédente ; multiplier ce nombre par le diamètre de l'arbre élevé au cube et diviser le résultat par le produit obtenu en multipliant le rayon de la manivelle par le carré du diamètre du cylindre à basse pression.

Pour les machines ordinaires à condenseur à un, deux ou trois cylindres, lorsque les arbres ne sont pas en porte-à-faux, les formules suivantes sont également données par le même règlement :

$$S = \sqrt[3]{\frac{c \times P \times D^2}{3 \times f}} \; ; \qquad P = \frac{3 \times f \times S^3}{c \times D^2}$$

S, représentant le diamètre de l'arbre en pouces, D, le dia. mètre du cylindre à basse pression en pouces, P, la pression absolue en livres par pouce carré (pression de la chaudière + 15), c, le rayon de la manivelle, f, la constante donnée dans le tableau précédent (page 204).

Règles.—1° Pour avoir le diamètre d'un arbre, multiplier le rayon de la manivelle par la pression absolue, puis par le carré du diamètre du cylindre à basse pression, diviser le produit obtenu par 3 fois la valeur de f correspondant à l'angle des manivelles, et prendre la racine cubique du quotient.

2° Pour trouver la pression absolue, faire le cube du diamètre de l'arbre et multiplier le résultat par 3 fois la valeur de f prise dans la table. Diviser ensuite ce nombre par le produit obtenu en multipliant le rayon de la manivelle par le carré du diamètre du grand cylindre.

N.-B.—S'il y a plusieurs cylindres à haute ou basse pression, remplacer le carré du diamètre des cylindres par la somme des carrés des diamètres des cylindres à haute ou à basse pression.

Le *Lloyd* donne pour le calcul des arbres les formules suivantes :

$$S = (0.04\ A + 0.006\ D + 0.02\ c) \times \sqrt{p}$$
$$S_1 = (0.038\ A + 0.009\ B + 0.002\ D + 0.0165\ c) \times \sqrt[3]{p}$$

S, représentant le diamètre de l'arbre de couche en pouces pour machines compounds avec manivelles à angle droit ; S_1, le diamètre de l'arbre de couche pour machines à triple expansion avec 3 manivelles à 120° ; A, le diamètre du cylindre à haute pression ; B, le diamètre du cylindre intermédiaire ; D, le diamètre du cylindre à basse pression ; c, la course en pouces et p, la pression au manomètre.

Règles.—1° Pour obtenir le diamètre de l'arbre de couche d'une machine compound, multiplier le diamètre du cylindre à haute pression par 0.04, celui du cylindre à basse pression par 0.006 et la course du piston par 0.02 ; faire la somme de ces trois produits et multiplier le résultat par là racine carrée de la pression au manomètre.

2° Pour trouver le diamètre de l'arbre de couche d'une

machine à triple expansion, multiplier le diamètre du cylindre à haute pression par 0.038, celui du cylindre intermédiaire par 0.009, celui du diamètre à basse pression par 0.002 et la course du piston par 0.0165 ; faire la somme de ces quatre produits et multiplier le résultat par la racine cubique de la pression au manomètre.

Enveloppe de vapeur (steam jacket).

La condensation et la revaporisation qui se produisent dans le cylindre sont des causes de pertes dans les machines. On diminue la condensation en maintenant chaudes les parois du cylindre à l'aide d'une double enveloppe de vapeur. La vapeur circulant autour du cylindre peut soit être amenée à la valve de mise en train, soit faire retour à la chaudière.

L'emploi de la double enveloppe augmente le travail produit dans le cylindre. L'économie moyenne de combustible est de 5 à 10% pour les machines sans condensation et environ 20% pour les machines à condensation ; elle est moindre pour les machines à grande vitesse.

Condensation.

L'emploi de la condensation a pour but de diminuer la contre-pression. On divise les condenseurs en deux classes 1° condenseur à mélange, 2° condenseur à surface.

1° *Condenseur à mélange.* — La vapeur sortant du cylindre passe dans une capacité fermée ayant 3 ou 4 fois le volume de la vapeur en pression (on lui donne souvent une fois à une fois et demie le volume du cylindre). Dans cette même capacité arrive de l'eau, soit en pluie, soit sous

forme de jet ; la vapeur se condensant produit un vide partiel (vacuum). Il n'est guère avantageux de pousser le vide au delà de 3 à 4 livres (20 à 26 pouces au manomètre).

L'eau d'injection arrivant à 50° ou 60° F. et sortant vers 90° à 100° et même 120°, il s'en suit qu'il faut un volume d'eau d'injection égal à 25 à 28 fois le volume d'eau d'alimentation.

On peut déterminer la quantité d'eau théoriquement nécessaire pour condenser 1 lb. de vapeur dans des conditions déterminées à l'aide de la règle suivante :

Retrancher de la chaleur totale de la vapeur (tableau page 164) la chaleur totale de l'eau à la sortie ; retrancher d'autre part de la chaleur de l'eau à la sortie, la chaleur de l'eau d'injection et diviser le premier résultat obtenu par le second. Les poids obtenus diffèrent d'ailleurs absolument de ceux employés en pratique.

L'eau ordinaire contient en général environ $\frac{1}{20}$ de son volume d'air. La pompe à air servant à maintenir le vide dans le condenseur doit être telle que le volume engendré par son piston soit 8 fois celui de l'eau injectée pendant le même temps. Pour les machines à grande détente on peut donner à la pompe à air $\frac{1}{10}$ du volume du cylindre à vapeur si la pompe est à double effet et $\frac{1}{5}$ si elle est à simple effet. La section des orifices de la pompe à air doit être environ $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ de l'aire du piston.

Lorsque la hauteur d'ascension de l'eau est de moins de 12 pieds, on peut, en faisant le vide dans le condenseur avant la mise en marche, se passer de pompe élévatoire (pompe fournissant l'eau pour la condensation) sinon cette pompe doit être calculée suivant le volume d'eau à injecter

2° *Condenseur à surface.* — La vapeur, sortant du cylindre débouche contre une série de tubes parcourus par un courant d'eau froide. La vapeur se condense et l'eau de condensation est prise par une pompe spéciale et renvoyée aux chaudières.

Le volume de la pompe à air est de 0.10 à 0.12 du volume du cylindre. L'eau est envoyée dans les tubes par une pompe de circulation dont le débit est environ moitié de celui de la pompe à air. La surface tubulaire peut être prise égale à 0.70 de la surface de chauffe totale des chaudières, soit 15 à 20 fois la surface de la grille ; le volume de l'eau circulant dans les tuyaux est de 35 à 45 fois le volume de l'eau condensée.

Lorsque l'on fait usage de l'eau provenant de la condensation à surface pour l'alimentation des chaudières, il est bon de n'employer que des graisses minérales, les graisses végétales et animales se décomposant et donnant des acides gras qui peuvent attaquer les chaudières.

Les tubes sont généralement en laiton et ont environ $\frac{5}{8}''$ de diamètre ; ils doivent être libres dans leur dilatation et faciles à enlever afin de permettre les réparations et les nettoyages.

Alimentation.

La quantité d'eau d'alimentation varie entre $\frac{1}{2}$ et 1 pied cube par cheval et par heure (3 à 6 gallons). Elle descend au-dessous dans les bonnes machines. (Page 216.)

La pompe doit être calculée de manière à pouvoir donner le triple du volume nécessaire. (Voir hydraulique pages 148 à 151 ; on peut prendre $K = 0.7$).

Si on emploie des injecteurs il faut avoir recours aux tables données par les fabricants.

Calculs relatifs aux machines à vapeur (pages 178 et suivantes).

I.—Calculer la puissance indiquée d'une machine à condensation faisant 100 révolutions par minute, le diamètre du piston étant de 20″, la course 30″, la pression initiale (au manomètre) 90 lbs et le point d'interception à 20″.

1o. *Calcul de la pression moyenne.*—En ajoutant à la pression au manomètre, 90, la pression atmosphérique 15, on obtient la pression absolue $90 + 15 = 105$. La course étant de 30″ et le point d'interception à 20″, le degré d'admission est $\frac{20}{30}$ ou $\frac{2}{3}$; le tableau *A*, page 180, donne 0.934 comme facteur pour admission $\frac{2}{3}$. Multipliant 0.934 par la pression absolue 105, on obtient 98.07 dont il faut retrancher la contre-pression 4 lbs (page 179) pour avoir la pression moyenne théorique qui est, dans ce cas, 94.07. La pression moyenne pratique s'obtiendra en multipliant la pression moyenne théorique 94.07 par le facteur 0.8 (page 179), soit 75 lbs 25.

2o. *Calcul de la puissance indiquée.*—On peut appliquer la règle donnée page 179.

L'aire du piston s'obtient soit en élevant le diamètre 20 au carré et en multipliant le nombre 400 obtenu par 0.7854 = 314, soit en faisant usage du tableau page 33.

Multipliant l'aire 314 par la pression moyenne pratique 75.25, puis par la course en pieds $\frac{30}{12}$, et enfin par le nombre de coups 200 (double du nombre de révolutions), on a

$$314 \times 75.25 \times \tfrac{30}{12} \times 200 = 1181425$$

qui, divisé par 33000, donne 358 chevaux-vapeur.

On peut aussi appliquer la règle page 181. Il faut d'abord calculer la vitesse du piston en multipliant la course en pieds $\frac{30}{12}$ par le double de révolutions 200 ; on trouve ainsi pour vitesse 500.

On cherche alors dans le tableau *B*, page 180, la constante 0 009518 correspondant au diamètre 20 ; cette constante, multipliée par la vitesse 500 et par la pression moyenne 75.25, donne 358 chevaux vapeur.

II.—Calculer le diamètre du cylindre d'une machine à condensation de 100 chevaux indiqués, la pression initiale étant de 90 lbs, la vitesse du piston 400′ et l'admission se faisant pendant $\frac{1}{3}$ de la course.

1o. *Calcul de la pression moyenne.*—La pression absolue au commencement de la course sera 90 + 15 = 105. L'in troduction se faisant au tiers de la course, le tableau *A* page 180, donne comme facteur 0.699 ; multipliant 0.699 par la pression 105 on obtient 73.40 comme pression absolue théorique ; retranchant la contre pression en lbs on trouve 69.40 comme pression moyenne théorique. La pression moyenne pratique s'obtiendra en multipliant 69.40 par 0.8 (page 179), soit 55.52 (en chiffres ronds 56 lbs).

2o. *Calcul du cylindre.*—Appliquant la règle page 193, on multiplie la pression moyenne pratique 56 par la vitesse 400, ce qui donne 22400 ; on divise ensuite le nombre de chevaux indiqués 100 par 22400, on trouve 0.00446 dont on prend la racine carrée qui est 0.0668 ; multipliant 0.0668 par 205, on obtient 13″ 7 comme diamètre du cylindre

L'épaisseur du cylindre s'obtiendra en appliquant la formule $e = \frac{D \times p}{4000} + 0.5$ (page 193) : multiplier le diamètre 13.7 par la plus grande pression 90 que le cylindre aura à supporter, on trouve 1233 et diviser ce produit 1233 par 4000, ce qui donne 0.308 ; en ajoutant 0.5 au quotient trouvé 0.308 on obtient 0."8 comme épaisseur.

L'épaisseur des couvercles s'obtiendra en multipliant l'épaisseur du cylindre 0.8 par 1.2 (page 193) soit 0.96. (On pourra prendre 1").

Dans le cas où la pression moyenne est obtenue à l'aide d'un diagramme fourni par l'indicateur, (voir indicateur), on fait directement usage de cette pression sans multiplier par les facteurs indiqués page 179.

Chaudières.

Il existe un grand nombre de types de chaudières, on peut les classer comme il suit :

1° *Chaudières cylindriques simples.*

2° *Chaudières cylindriques à un ou deux bouilleurs.*

3° *Chaudières à foyers et à carneaux intérieurs.* (Cornouailles, Lancashire, Galloway.)

La chaudière de Cornouailles n'a qu'un foyer. La chaudière de Lancashire (fig. 56) a deux foyers, les gaz reviennent en avant par H. Dans la chaudière Galloway (fig. 57) il y a également deux foyers. Ces deux foyers débouchent dans un carneau traversé par de nombreux tubes coniques rivés sur les tôles du carneau. Ces tubes

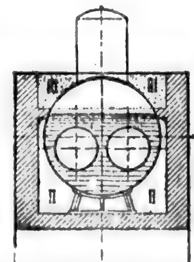


Fig. 56.

servent comme tubes bouilleurs et en même temps entre

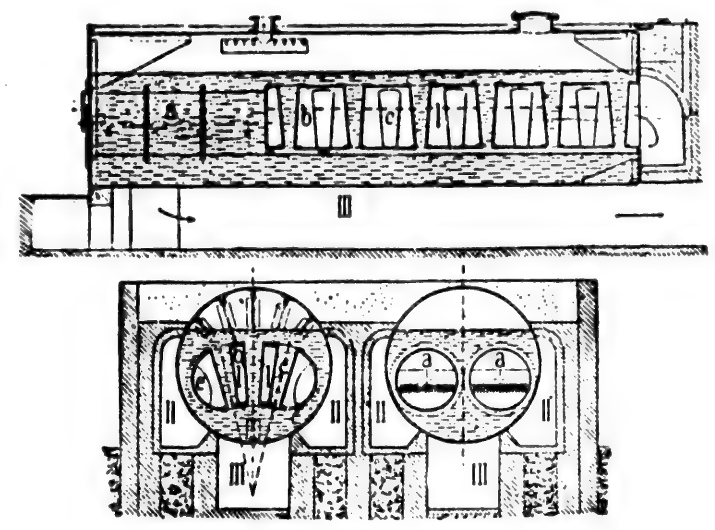


Fig. 57.

toisent les parois. Les gaz reviennent en avant par II et repartent par III.

4° *Chaudières tubulaires.*—Les gaz traversent une série de tubes entourés d'eau ; elles peuvent être à foyer intérieur ou à foyer extérieur.

5° *Chaudières verticales tubulaires.*—Le foyer est surmonté d'une série de tubes que traversent les flammes et les gaz.

6° *Chaudières verticales à tubes bouilleurs.*—La flamme entoure une série de tubes soit horizontaux soit verticaux (Field) dans lesquels circule l'eau.

Dans les chaudières Belleville, l'eau et la vapeur sont contenues dans un grand nombre de pièces de petit dia-

mètre (tubes ou sphères) ; ces pièces offrant une grande surface de chauffe relativement à leur volume, ces chaudières se mettent rapidement en pression.

7o. *Chaudières à tubes bouilleurs* (Babcock, de Naeyer, Heine, etc.).—Dans ces chaudières, le générateur de vapeur est formé par une série de tubes inclinés traversant le foyer. L'eau circule dans ces tubes et la vapeur formée s'accumule dans un récipient cylindrique placé à la partie supérieure. On appelle aussi ces chaudières multitubulaires.

Les accidents sont peu graves ; on peut obtenir des pressions élevées ; de plus ces chaudières sont peu encombrantes.

Détermination des dimensions des diverses parties du générateur.

On appelle *surface de chauffe*, la portion de la chaudière en contact avec la flamme et les gaz chauds ; quelquefois on distingue la surface de chauffe directe et la surface de chauffe indirecte.

La surface de chauffe par cheval varie avec le type de chaudière ; on peut faire usage des données suivantes :

Pieds carrés de surface de chauffe par *H. P.*

Chaudières avec tubes bouilleurs (Babcock, Heine, etc.)	10 à 12
Chaudières tubulaires	14 à 18
Chaudières à carneaux (flues)	8 à 12
Chaudières cylindriques simples	6 à 10
Locomotives	12 à 16
Chaudières tubulaires verticales	15 à 20

Le poids de vapeur produite par pied carré de surface de chauffe peut être pris comme il suit :

3 lbs pour feu tranquille.
4 lbs " feu vif.
6 lbs " feu violent.
8 à 10 lbs " tirage forcé (forced draught)

1 à 2 pieds carrés de surface de chauffe peuvent transmettre 5000 unités thermiques.

La quantité de vapeur nécessaire par cheval et par heure peut être prise dans le tableau suivant extrait du "Mechanical World Pocket Diary."

Types des machines.	Consommation par cheval et par heure. Lbs.	Pression
Machine à tiroir ordin. sans condensation.	35 à 45	80
" détente automatique "	30 35	80
" " "	26 30	100
Corliss simple "	25 30	80
" à condensation.	22 25	80
Corliss compound "	16 20	100
" "	15 19	125
Compound avec détente autom. sans cond.	24 28	100
" " " "	21 25	125
" " " à condensation.	18 24	100
" " " "	16 20	125
Triple expansion "	14 16	125
" "	13 16	150

Pour les petites machines la consommation de vapeur est beaucoup plus élevée ; elle peut être de 60 à 70 lbs pour machines à tiroir ordinaire et de 50 à 70 lbs pour machines à grande vitesse avec détente automatique.

Pour trouver la quantité d'eau à injecter dans la chaudière, diviser le poids de vapeur ci-dessus par 62.5 si on veut avoir des pieds cubes, ou par 10 si on veut avoir des gallons.

L'*unité de puissance de chaudière* correspond à une évaporation par heure de 30 lbs d'eau pure à 100°, la vapeur produite étant à 70 lbs de pression au manomètre, ce qui correspond à 34 lbs ½ d'eau à 212° transformée en vapeur à la même température ou à 33305 unités thermiques par heure.

La production de vapeur par livre de charbon brûlé sur la grille varie avec le type de chaudière. Dans une chaudière bien étudiée et bien conduite la quantité de vapeur produite à 212°, l'eau étant prise à 212°, peut dépasser dix livres, ce poids descend à 5 ; en moyenne il est de 8 à 9.

Dans les auteurs français, la production de vapeur est comptée pour de l'eau prise à 0° centigrade soit 32 F. Dans les auteurs anglais et américains, au contraire, l'eau est supposée prise à 212 F. Une livre de vapeur, dans le premier cas, correspond par suite à 1146 unités thermiques et, dans le second cas, à 966 unités thermiques seulement. Les poids de vapeur donnés dans les auteurs français devront par suite être multipliés par le rapport $\frac{1146}{966}$ = 1.1863 pour être comparés à ceux donnés par les auteurs américains ou anglais.

Construction des chaudières.

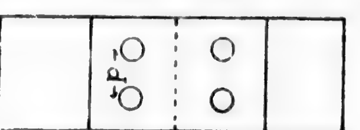
Rivures.—On distingue deux sortes de rivures, la rivure à clin (1) (lap joint) et la rivure à couvre-joint (butt joint) (2), cette dernière peut être à simple (2) ou à double (3) couvre-joint (single Butt, double Butt).

(1)

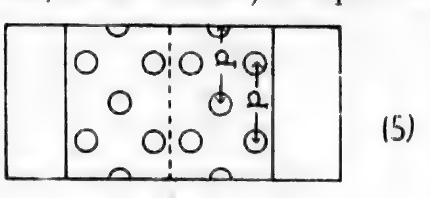
(2)

L'assemblage est dit à rivure simple lorsqu'il se compose d'un seul rang de rivets pour la rivure à clin (1), ou d'un rang de rivets sur chaque tôle pour la rivure à couvre-joint (2 et 3) ; il est dit à rivure double, à rivure triple (double riveted, treble riveted) lorsqu'il se compose de deux rangs, trois rangs, etc., de rivets (5 et 6).

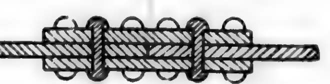
(3)

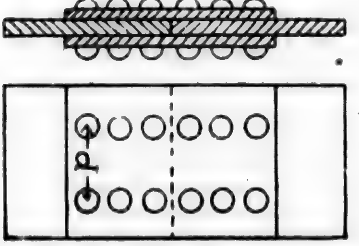


Les rivets peuvent se disposer de deux manières, la fig. (5) représente la disposition dite en zig-zag (zig-zag riveting) et la fig. (6) la disposition en chaine ou vis-à-vis (chain riveting).



(5)





(6)

L'espacement des rivets (pitch) se compte d'axe en axe des rivets, cet espacement est représenté par *p* sur les fig. ci-contre.

Calculs des assemblages.—L'assemblage (fig. 58) doit être tel :

1o. Que la tôle subsistant après que les trous ont été percés, suffise pour résister à l'effort de traction (coupe *A B*) ;

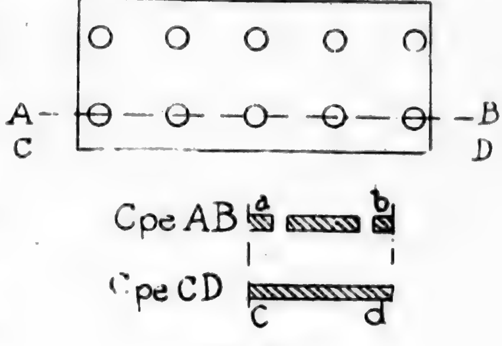


Fig. 58.

2o. Que la section des rivets soit suffisante pour supporter l'effort auquel ils sont soumis.

Pour tenir compte de l'affaiblissement dû aux joints, on fait usage dans les calculs, 1°, du percentage de la tôle, 2°, du percentage des rivets et 3°, du percentage combiné de la tôle et des rivets.

1o. Le *percentage de la tôle* (fer ou acier) s'obtient en multipliant par 100 le rapport entre la section de la tôle subsistant suivant la ligne d'axe des rivets après que les trous sont percés (coupe *A B*) et la section pleine de la tôle (coupe *C D*).

En appelant *p*, le plus grand pas ou distance des rivets d'axe en axe, *d*, le diamètre des rivets, on a

$$\text{percentage de la tôle} = 100 \times \left(\frac{p - d}{p}\right)$$

Règle.—Pour trouver le percentage d'une tôle en fer ou en acier, retrancher du pas le diamètre des rivets, multiplier le résultat par 100 et diviser le produit par le pas.

2o. Le *percentage des rivets* (tôle de fer et rivets en fer) s'obtient en multipliant par 100 le rapport entre la section des rivets et la section de la tôle correspondante.

En appelant A, l'aire d'un rivet, n, le nombre de rivets dans le plus grand pas, p, le plus grand pas, e, l'épaisseur de la plaque en pouces, on a, pour rivure à clin ou à simple couvre-joint (lap or single butt strap joint) fig. 1 et 2 :

$$\text{percentage des rivets} = \frac{100 \times A \times n}{p \times e}$$

Pour rivure à double couvre-joint (double butt strap joint) fig. 5 et 6,

$$\text{percentage des rivets} = \frac{100 \times A \times n}{p \times e} \times 1.75$$

Règle.—Pour trouver le percentage des rivets, multiplier l'aire d'un rivet par le nombre de rivets, puis par 100, et diviser le résultat par le produit obtenu en multipliant le plus grand pas par l'épaisseur de la tôle.

Si la rivure est à double couvre-joint, appliquer la règle précédente et multiplier le résultat par 1.75.

Pour les tôles d'acier avec rivets en acier, pour tenir compte de la différence entre la résistance de l'acier travaillant au cisailiement (rivets) et travaillant à la tension (tôle), il faut multiplier par $\frac{23}{28}$ les résultats donnés par la règle précédente. Pour les rivets en fer avec tôle en acier, multiplier ces mêmes résultats par $\frac{8}{13}$.

3o. *Percentage combiné de la tôle et des rivets (fer et acier).*—Dans le cas où la 2e rangée contient un nombre de rivets double de la 1ère, la rupture de la tôle peut égale-

ment se produire suivant la ligne des rivets de la 2e rangée, mais alors cette rupture entraîne la rupture des rivets de la 1ère rangée. On a alors

$$\text{percent. combiné} = \frac{100\,(p - 2\,d)}{p} + \frac{\text{percent. des rivets}}{n}$$

Règle.—Retrancher du plus grand pas 2 fois le diamètre, multiplier le résultat par 100 et diviser le produit par le plus grand pas ; diviser d'autre part le percentage des rivets par le nombre de rivets et faire la somme des deux quotients.

Dans les calculs de chaudières, on applique le plus bas des trois percentages trouvés. Le 3e, étant généralement le plus élevé, s'emploie très peu en pratique.

Méthode générale.—Pour déterminer le percentage d'un joint, on étudie séparément les différentes manières suivant lesquelles la rupture peut se produire, puis, pour chacune d'elles, on fait la somme des sections de tôles ou de rivets devant se rompre dans un intervalle déterminé, en tenant compte des différentes résistances par unité de surface, puis on divise cette somme par la section correspondante de la tôle pleine, et on multiplie le résultat par 100.

Proportions employées dans la rivure.

1o. *Chaudière en tôle de fer.*—Le pas peut être calculé d'après les formules suivantes :

$$p = \frac{n \times 0.7854 \times d^2}{e} + d$$ pour rivures, à clin ou à simple couvre-joint (lap et single butt joint (fig. 1 et 2).

$$p = \frac{1.75 \times n \times 0.7854 \times d^2}{e} + d$$ pour rivures à double couvre-joint (double butt strap joint fig. 3, 5 et 6).

RÈGLES.—1° Pour trouver le pas (rivures à clin et à simple couvre-joint) multiplier le nombre de rivets dans le plus grand pas par l'aire d'un rivet, diviser le produit par l'épaisseur de la tôle et ajouter au quotient le diamètre.

2o. Pour trouver le pas (rivure à double couvre-joint), multiplier le nombre de rivets par l'aire d'un rivet et par 1.75, diviser le produit par l'épaisseur de la tôle et ajouter au quotient le diamètre.

La distance entre le bord de la tôle et le centre du rivet peut être prise égale au diamètre du rivet multiplié par 1.5.

La distance (V) entre deux rangs de rivets ne doit pas être inférieure au double du diamètre plus ½ pouce pour la rivure en chaîne (chain riveting fig. 6). Pour la rivure en zig zag (fig. 5) on peut employer la formule suivante :

$$V = \sqrt{\frac{(11\,p + 4\,d)\,(p + 4\,d)}{10}}$$

RÈGLE.—Pour trouver la distance entre deux rangs de rivets (rivure en zig zag) prendre d'abord 11 fois le pas et y ajouter 4 fois le diamètre ; prendre d'autre part le pas et y ajouter 4 fois le diamètre ; faire le produit de ces deux sommes et en prendre la racine carrée, puis diviser le résultat par 10.

Cette même règle peut s'appliquer pour la rivure en chaîne lorsqu'un rivet sur deux est omis dans le rang extérieur.

Le pas diagonal peut être obtenu par la formule :

$$\text{pas diag.} = 0.6\,p + 0.4\,d.$$

Pour la rivure en zig zag, lorsqu'on a omis un rivet sur deux dans le second rang, on peut prendre

$$V = \sqrt{\frac{(11\,p + 20\,d)\,(p + 20\,d)}{20}}\ ;\ \text{et pas diag.} = 0.3\,p + d.$$

On peut admettre que la résistance du métal suivant le pas diagonal est égale aux $\frac{5}{6}$ de la résistance suivant le pas : la section diagonale devra donc être au moins égale aux $\frac{6}{5}$ de la section suivant le pas.

L'épaisseur des couvre-joints (straps) peut être obtenue comme il suit :

1o. Rivure avec un même nombre de rivets dans tous les rangs :

Pour double couvre-joint, épaiss. $= \frac{5}{8}$ de l'épaiss. de la tôle.
" simple " " $= \frac{9}{8}$ " "

2o Pour rivure avec un rivet omis sur deux dans le rang extérieur multiplier les épaisseurs obtenues dans le cas précédent par $\dfrac{p - d}{p - 2\,d}$

2o. *Chaudière en tôle d'acier.* - Le pas pour les chaudières en acier avec rivets en acier est donné par la formule suivante :

$$p = \frac{23 \times n \times 0.7854 \times d^2}{28 \times e} + d \quad \text{pour rivure à simple couvre-joint.}$$

$$p = \frac{23 \times 1.75 \times n \times 0.7854 \times d^2}{28 \times e} + d \quad \text{pour rivure à double couv.-joint.}$$

Pour chaudières en acier avec rivets en fer remplacer $\frac{23}{28}$ dans les formules précédentes par $\frac{8}{13}$.

Les autres dimensions s'obtiennent de la même manière que pour les chaudières en tôle de fer (page 222).

Nous donnons ci-après les diamètres les plus employés pour rivets en acier de chaudières en tôle d'acier.

Epaisseur de la tôle.	Diamètre des rivets. *					
	Rivure à simple couvre-joint.			Rivure à double couvre-joint.		
	Simple.	Double.	Triple.	Simple.	Double.	Triple.
$\frac{1}{4}$	11/16	....	....	....	....	....
5/16	$\frac{3}{4}$	11/16	....	....	....	....
$\frac{3}{8}$	13/16	$\frac{3}{4}$	11/16	11/16	....	....
7/16	$\frac{7}{8}$	13/16	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	11/16	....
$\frac{1}{2}$	15/16	$\frac{7}{8}$	13/16	13/16	$\frac{3}{4}$	11/16
9/16	1	15/16	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	13/16	$\frac{3}{4}$
$\frac{5}{8}$	1.1/16	1	15/16	15/16	$\frac{7}{8}$	13/16
11/16	$1\frac{1}{8}$	1.1/16	1	1	15/16	$\frac{7}{8}$
$\frac{3}{4}$	1.3/16	$1\frac{1}{8}$	1.1/16	1.1/16	1	15/16
13/16	$1\frac{1}{4}$	1.3/16	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	1 1/16	1
$\frac{7}{8}$	1.5/16	$1\frac{1}{4}$	1.3/16	1.3/16	$1\frac{1}{8}$	1.1/16
15/16	$1\frac{3}{8}$	1.5/16	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	1.3/16	$1\frac{1}{8}$
1	....	$1\frac{3}{8}$	1.5/16	1.5/16	$1\frac{1}{4}$	1.3/16
1.1/16	....	....	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{8}$	1.5/16	$1\frac{1}{4}$
$1\frac{1}{8}$	....	....	....	....	$1\frac{3}{8}$	1.5/16
1.3/16	....	....	....	....	....	$1\frac{3}{8}$

* Pour rivets en fer et chaudière en acier augmenter le diamètre de $\frac{1}{8}$.

Corps de chaudière.—En représentant par $^o/_o$ le plus petit des percentages précédemment calculés divisé par 100, P, la pression effective de la vapeur, D, le diamètre intérieur de la chaudière, e, l'épaisseur de la tôle, F, le facteur de sécurité et R, la résistance de la tôle, on a

$$P = \frac{R \times {}^o/_o \times 2 \times e}{D \times F}\ ; \qquad e = \frac{P \times D \times F}{R \times 2 \times {}^o/^o}$$

$$D = \frac{R \times {}^o/_o \times 2 \times e}{P \times F}\ ; \qquad F = \frac{R \times {}^o/_o \times 2 \times e}{D \times P}$$

$${}^o/_o = \frac{P \times D \times F}{2 \times e \times R}$$

Tension à laquelle est soumise la tôle en lbs par pouce carré de sect.
- dans le joint $= \dfrac{P \times D}{{}^o/_o \times 2 \times e}$
- dans la partie pleine. $= \dfrac{P \times D}{2 \times e}$

On peut prendre pour les chaudières en tôle de fer $R = 47$ à 48000 lbs et, pour les chaudières en tôle d'acier, 60 à 65000 lbs et même jusqu'à 70000 lbs.

Règles.—1° Pour trouver la pression en lbs par pouce carré que peut supporter une chaudière, diviser par 100 le plus petit des percentages précédemment trouvés, multiplier le résultat par la résistance du métal en lbs par pouce carré, puis par le double de l'épaisseur de la tôle et diviser le tout par le produit obtenu en multipliant le diamètre de la chaudière en pouces par le facteur de sécurité.

2o. Pour trouver l'épaisseur de la tôle, multiplier la pression en lbs par pouce carré par le diamètre de la chaudière en pouces, puis par le facteur de sécurité, on trouve ainsi un premier produit ; multiplier d'autre part la résistance du métal en lbs par pouce carré par 2, puis par le plus petit percentage divisé par 100 ; diviser ensuite le premier produit par le second.

Exemple : Calculer une chaudière en acier (rivure à double couvre-joint), de 60 pouces de diamètre devant supporter une pression de 150 lbs.

1o *Calcul de l'épaisseur.*—Prenant comme plus petit percentage 0.70 et appliquant la règle donnée ci-dessus, la résistance de l'acier étant de 65000 lbs, le facteur de sécurité 5, on a : pression en lbs par pouce carré 150 multipliée par diamètre de la chaudière 60, et par facteur de sécurité 5 = $150 \times 60 \times 5 = 45000$; d'autre part, résistance du métal 65000 multipliée par 2, puis par 0.70 = $65000 \times 2 \times 0.70 = 91000$. Divisant 45000 par 91000 on obtient pour épaisseur 0″.495 ou en chiffres ronds $\frac{1}{2}$″.

2o. *Diamètre des rivets.*—On voit d'après la table (page 224) que pour une tôle de $\frac{1}{2}$″ on peut prendre diamètre = $\frac{3}{4}$.

3o. *Calcul du pas.*—D'après la formule donnée page 223 on a 1.75 multiplié par nombre des rivets dans un pas 2, puis par l'aire du rivet (page 31) 0.4418 = 1.546. Divisant 1.546 par l'épaisseur de la tôle $\frac{1}{2}$ on trouve 3.092 dont les $\frac{23}{28}$ sont 2.54. En ajoutant à 2.54 le diamètre $\frac{3}{4}$ ou 0.75 on obtient 3.29 comme pas.

4o. *Distance des rangs.*—En appliquant la formule page 222 on a 11 fois le pas plus 4 fois le diamètre =(11

× 3.29) + (4 × 0.75) = 39.19 ; le pas plus 4 fois le diamètre = 3.29 + (4 × 0.75) = 6.29. Multipliant 39.19 par 6.29 on obtient 246.50 dont la racine carrée 15.70 divisée par 10 donne 1.57 comme distance des rangs.

5o. *Distance de l'axe des rivets au bord de la tôle.*—En appliquant la règle page 222 on a : diamètre du rivet multiplié par 1.50 = 0,75 × 1.50 = 1.125.

6o. *Epaisseur du couvre-joint.*—En appliquant la formule page 223 on a : épaisseur du couvre-joint = $\frac{5}{8}$ de l'épaisseur de la tôle, soit $\frac{5}{8} \times \frac{1}{2} = \frac{5}{16}$.

7o. *Longueur du couvre-joint.*—On devra avoir de l'axe du rang extérieur au bord de la tôle 1.125, de l'axe du rang intérieur au bord de la tôle, 1.125, et entre les rangs, d'axe en axe, 1.57, soit en tout 1.125 + 1.125 + 1.57 = 3.82 comme demi-couvre-joint, et, pour le couvre-joint total, 2 fois 3.82, ou 7.64.

8o. *Percentage de la tôle.*—On a, en appliquant la règle (page 219), 100 multiplié par le pas diminué du diamètre = 100 × (3.29 — 0.75) = 100 × 2.54 = 254 ; divisant 254 par le pas 3.29 on trouve comme percentage 77.2.

9o. *Percentage des rivets.*—Appliquant la règle page 220, on a : aire d'un rivet 0.4418, multiplié par nombre de rivets, 2, puis par 100 = 0.4418 × 2 × 100 = 88.36 ; épaisseur de la tôle $\frac{1}{2}$ multipliée par le pas = 3.29 × 0.5 = 1.645 ; divisant 88.36 par 1.645 on a 53.7, qui multiplie par 1.75 (double couvre-joint) donne 93.97. Pour les rivets en acier avec tôle d'acier on doit prendre les $\frac{23}{28}$ du résultat soit 93.97 × $\frac{23}{28}$ = 77.19.

Ces deux percentages sont plus élevés que celui choisi, les dimensions adoptées présentent donc toute garantie de sécurité.

Chaudière étalon.—D'après les règlements 57 Victoria, une chaudière en tôle de fer de 42″ de diamètre, faite de la meilleure manière avec double rang de rivets sur le joint longitudinal, peut supporter une pression de 100 lbs par pouce carré, l'épaisseur de la tôle étant de $\frac{1}{4}$ de pouce. Cette même chaudière en acier peut, dans les mêmes conditions, supporter une pression de 125 lbs par pouce carré.

Ces chaudières sont dites "*chaudières étalons.*"

La pression effective à autoriser dans les autres chaudières sera calculée d'après cette base, la résistance de la tôle étant supposée augmenter proportionnellement à l'épaisseur, et la tension à laquelle la tôle est soumise augmentant comme le diamètre. Autrement dit, une chaudière de même diamètre, formée de tôles deux fois, trois fois plus épaisses que celles de la chaudière étalon, pourra supporter un effort deux fois, trois fois plus grand, et une chaudière de même épaisseur que la chaudière étalon, mais d'un diamètre deux fois, trois fois plus grand, ne pourra supporter qu'un effort deux fois, trois fois moindre.

De ce qui précède on tire

$$\frac{P}{\text{pression de la chaudière étalon}} = \frac{e}{\frac{1}{4}} \times \frac{42}{D}$$

d'où les règles suivantes qui ne s'appliquent qu'au cas où la chaudière est faite de la meilleure manière et à joint lon gitudinal à double rang de rivets, le plus petit des percen tages étant au moins de 70 °/₀.

1° Pour trouver la pression que peut supporter une chaudière, multiplier l'épaisseur par 168, diviser ce résultat par le diamètre en pouces, le quotient obtenu, multiplié par 100 pour une chaudière en fer ou par 125 pou

une chaudière en acier, (pressions des chaudières étalons) donnera la pression demandée.

2° Pour trouver l'épaisseur que doit avoir une chaudière, multiplier la pression en lbs par pouce carré par le diamètre et diviser le résultat par 168. Le quotient, divisé par 100 pour une chaudière en fer ou par 125 pour une chaudière en acier, donnera l'épaisseur.

3o. Pour trouver le diamètre que peut avoir une chaudière dont on connait l'épaisseur, multiplier l'épaisseur par 168 et diviser le résultat par la pression en lbs par pouce carré. Le quotient obtenu, multiplié par 100 pour une chaudière en fer ou par 125 pour une chaudière en acier, donnera le diamètre.

La formule précédente (page 228) donne :

$P \times D =$ pression de la chaudière étalon $\times$ 42 $\times$ 4 $\times$ épaisseur,

soit pour le fer $P \times D = 16800 \times$ épaisseur.

" l'acier $P \times D = 21000 \times$ épaisseur.

Le tableau ci-après donne le produit $P \times D$ pour un certain nombre d'épaisseurs :

Epaisseur.	$P \times D$ (chaudière en fer).	$P \times D$ (chaudière en acier).	Epaisseur.	$P \times D$ (chaudière en fer).	$P \times D$ (chaudière en acier).
1/16	1050	1312	9/16	9450	11812
⅛	2100	2625	⅝	10500	13125
3/16	3150	3937	11/16	11550	14437
¼	4200	5250	¾	12600	15750
5/16	5250	6562	13/16	13650	17062
⅜	6300	7877	⅞	14700	18375
7/16	7350	9187	15/16	15750	19687
½	8400	10500	1	16800	21000

Règles.—1° On donne le diamètre et l'épaisseur d'une chaudière, trouver la pression qu'elle peut supporter.

On cherchera dans la colonne des épaisseurs, l'épaisseur de la tôle et on divisera le nombre vis-à-vis, dans la colonne $P \times D$, par le diamètre.

2o. On donne la pression et l'épaisseur d'une chaudière, on demande le diamètre.

On cherchera dans la colonne épaisseur, l'épaisseur de la tôle puis on divisera le nombre trouvé vis-à vis dans la colonne $P \times D$ par la pression.

3o. On donne le diamètre et la pression d'une chaudière, on demande l'épaisseur.

On multipliera la pression par le diamètre puis on cherchera, dans la colonne $P \times D$, le nombre qui se rapproche le plus du produit, mais toujours au-dessus, l'épaisseur trouvée vis-à-vis sera l'épaisseur cherchée.

Exemples : 1° Quelle sera l'épaisseur d'une chaudière en acier ayant 50″ de diamètre et devant être soumise à une pression de 140 lbs par pouce carré ?

$$50 \times 140 = 7000.$$

Cherchant dans la colonne $P \times D$, chaudière en acier, le nombre se rapprochant le plus de 7000 en excès, on trouve 7877, l'épaisseur correspondante est $\frac{3}{8}$ de pouce.

2o. Quelle pression pourra supporter une chaudière en fer ayant $\frac{5}{8}$ de pouce d'épaisseur, le diamètre étant de 50″ ? On trouve vis-à-vis $\frac{5}{8}$ pour $P \times D$, chaudière en fer, 10500 divisant 10500 par 50 on trouve 210 lbs.

Surfaces planes.

En appelant e, l'épaisseur de la plaque en $\frac{1}{16}$ de pouce, S la surface en pouces carrés, P la pression par pouce carré dans la chaudière et c une constante on a

$$P = \frac{c \times (e + 1)^2}{S - 6}$$

$$e = \sqrt{\frac{P \times (S - 6)}{c}} - 1$$

D'après le règlement 57 Vict. on peut prendre $c = 100$, mais lorsque les plaques sont exposées à la chaleur sur une des faces, l'autre étant en contact avec la vapeur seulement, on peut faire $c = 50$.

Règles.—1° Pour trouver la pression que peut supporter une plaque en fer, ajouter 1 à l'épaisseur exprimée en $\frac{1}{16}$, élever le résultat au carré et multiplier le chiffre obtenu par la constante c choisie suivant le cas ; diviser ensuite le produit par la surface en pouces carrés diminuée de 6.

2o Pour trouver l'épaisseur, retrancher 6 de la surface, multiplier le résultat par la pression et diviser le produit par la constante. Prendre ensuite la racine carrée du quotient et retrancher 1 du résultat.

Pour les plaques en acier on peut prendre les mêmes formules en multipliant la constante par 1.10 ou 1.25 suivant les circonstances.

Calcul des étais (Stays).—On appelle étais directs les étais perpendiculaires à la tôle, et étais diagonaux, ceux dont la direction est oblique.

Pour les étais boulonnés en fer, la tension par pouce carré de section ne doit pas dépasser 7000 lbs ; il est même bon de s'en tenir à 5000.

En appelant S la surface de plaque que doit supporter un étai, P la pression de la vapeur en lbs par pouce carré, a, l'aire d'un étai, R, la résistance du métal en lbs par pouce carré, D, le diamètre de l'étai, on a

$$a = \frac{S \times P}{R}; \quad D \sqrt{\frac{a}{0.7854}}; \quad S = \frac{R \times a}{P}$$

Règles.—1° Pour trouver la section d'un étai direct, multiplier la surface de plaque que doit supporter l'étai par la pression de la vapeur en lbs par pouce carré, et diviser le produit par la résistance du métal en lbs par pouce carré, (en moyenne 5000).

2o. Si on se donne le diamètre de l'étai, la surface de la plaque, et la pression en lbs par pouce carré, pour trouver le nombre des étais, on multiplie la surface de la plaque par la pression en lbs par pouce carré et on divise le produit par la résistance d'un étai ; cette résistance s'obtient en multipliant la section de cet étai par la résistance du métal, 4 à 7000 suivant le cas.

Si les étais directs sont attachés sur une entretoise maintenue elle-même par deux étais, l'aire totale de ces deux derniers doit être égale, au moins, à l'aire du premier multipliée par 1.25.

L'aire des étais diagonaux se calcule comme celle des étais directs, mais le résultat doit être multiplié par la longueur de l'étai diagonal et divisé par la longueur de la

perpendiculaire abaissée de l'extrémité de l'étai sur la plaque qu'il supporte.

Pour le calcul du nombre des étais, on devra, au contraire, diminuer la résistance de chaque étai, en multipliant la résistance correspondant à un étai direct par la perpendiculaire abaissée de l'extrémité de l'étai sur la plaque, et en divisant le produit par la longueur de l'étai diagonal.

Tubes soumis à une pression extérieure.—D'après Fairbairn, la pression maximum (de dehors en dedans) par pouce carré à laquelle peuvent être soumis des carneaux cylindriques, est donnée par la formule

$$P = \frac{800000 \times e^2}{L \times D \times f}$$

L, longueur du tube en pieds, e, épaisseur du métal en pouces, D, diamètre du tube en pouces, f, facteur de sécurité. Ce facteur est donné par la formule

$$f = \sqrt{\frac{300}{L}} \text{ ; de là on tire } e = \sqrt{\frac{P \times L \times D \times f}{800000}}$$

D'après le règlement 57 Vict. la pression permise par pouce carré est donnée par la formule

$$P = \frac{90000 \times e^2}{(L + 1) \times D}$$

pourvu qu'elle ne dépasse pas celle donnée par la formule

$$P = \frac{8000 \times e}{D}$$

Pour les carneaux et fourneaux en acier ridé, les parties planes aux extrémités n'excédant pas 6 pouces et

les plaques n'ayant pas moins de $\frac{5}{16}$ de pouce d'épaisseur, la pression par pouce carré est donnée par la formule

$$P = \frac{14000 \times e}{D}$$

Si les fourneaux sont en fer ridé on a

$$P = \frac{10000 \times e}{D}$$

D représentant la moyenne du diamètre en pouces.

Soupapes de sûreté.

Pour trouver l'aire de la soupape, multiplier l'aire correspondant à la pression (page 237) par la surface de la grille en pieds carrés.

Si on veut avoir le diamètre, on peut, soit faire usage des tables page 31, soit diviser l'aire par 0.7854 et prendre la racine carrée du quotient.

On emploie également la règle suivante :

Pour trouver le diamètre de la valve, ajouter 9 à la pression de la chaudière, diviser la surface de chauffe en pieds par le nombre ainsi trouvé, prendre la racine carrée du quotient et multiplier le résultat par 1.23.

Pour trouver la levée de la valve (lift) donnant une ouverture égale à l'aire, diviser le diamètre par 4.

Pour trouver le poids de vapeur en lbs s'échappant par minute avec une levée de valve donnée, multiplier la pression absolue par 0.857, puis par la circonférence de la valve et la levée (lift).

Pour trouver la levée (lift) donnant passage à un poids donné de vapeur par minute, diviser ce poids par le produit

obtenu en multipliant la pression absolue par 0.857, puis par la circonférence de la valve.

1o. *Soupape à levier.*—En ne tenant pas compte du poids propre du levier, les éléments d'une soupape sont liés par la relation suivante :

Aire (A) de la soupape $\times$ pression (p) de la vapeur en livres par pouce carré $\times$ distance (d) du point d'articulation (fulcrum) au point d'application de la soupape = longueur (l) du levier (distance du point d'appui au poids) $\times$ poids (P) chargeant la soupape.

$$A \times p \times d = l \times P$$

De là on tire :

$$P = \frac{A \times p \times d}{l}; \quad A = \frac{l \times P}{p \times d}; \quad l = \frac{A \times p \times d}{P};$$

$$p = \frac{l \times P}{A \times d}; \quad d = \frac{l \times P}{A \times p}.$$

Règles.—1° Pour calculer le poids devant charger la soupape, multiplier l'aire de cette soupape par la pression en livres par pouce carré, puis par la distance du point d'articulation au point d'application de la soupape; diviser le produit obtenu par la longueur du levier.

2o. Pour avoir la longueur du levier, multiplier l'aire de la soupape par la pression en lbs par pouce carré, puis par la distance du point d'articulation au point d'application et diviser le produit obtenu par le poids chargeant la soupape.

3o. Pour calculer la pression en lbs par pouce carré, multiplier la longueur du levier par le poids chargeant la soupape et diviser le résultat par le produit obtenu en mul-

tipliant l'aire par la distance du point d'articulation au point d'application.

4o. Pour avoir la distance du point d'articulation au point d'application de la soupape, multiplier la longueur du levier par le poids et diviser le résultat par le produit obtenu en multipliant l'aire par la pression en lbs par pouce carré.

Si on veut tenir compte du poids du levier, il suffit d'ajouter dans les calculs au poids P, le poids du levier obtenu en pesant l'extrémité libre, l'autre extrémité restant sur son articulation.

2o. *Soupape directement chargée.*—Aire (A) de la soupape $\times$ pression (p) en livres par pouce carré = poids (P):

$$A \times p = P$$

d'où

$$A = \frac{P}{p}; \quad p = \frac{P}{A}.$$

Règles.—1° Pour trouver l'aire que doit avoir une soupape directement chargée, diviser le poids par la pression en livres par pouce carré.

2o. Pour avoir la pression en livres par pouce carré, diviser le poids par l'aire de la soupape.

3o. Pour avoir le poids, multiplier l'aire de la soupape par la pression en lbs par pouce carré.

3o. *Soupape à ressort.*—D'après les règles du " Board of Trade " pour obtenir le diamètre (d) du fil d'acier, si ce fil est rond, ou son épaisseur s'il est carré, multiplier la charge en lbs (P) sur le ressort par le diamètre (D) du ressort (mesure d'axe en axe); diviser le résultat par 11000 si le fil est carré ou par 8000 s'il est rond, puis prendre la racine cubique du quotient (voir page 120).

AIRES DES SOUPAPES DE SURETÉ.

Pression sur la chaudière.	Aire de soupape par pied carré de grille.	Pression sur la chaudière.	Aire de soupape par pied carré de grille.	Pression sur la chaudière.	Aire de soupape par pied carré de grille.
Lbs.	Pc. carr.	Lbs.	Pc. carr.	Lbs.	Pc. carr.
15	1.250	46	.614	77	.407
16	1.209	47	.604	78	.403
17	1.171	48	.595	79	.398
18	1.136	49	.585	80	.394
19	1.102	50	.576	81	.390
20	1.071	51	.568	82	.386
21	1.041	52	.559	83	.382
22	1.013	53	.551	84	.378
23	.986	54	.543	85	.375
24	.961	55	.535	86	.371
25	.937	56	.528	87	.367
26	.914	57	.520	88	.364
27	.892	58	.513	89	.360
28	.872	59	.506	90	.357
29	.852	60	.500	91	.353
30	.833	61	.493	92	.350
31	.815	62	.487	93	.347
32	.797	63	.480	94	.344
33	.781	64	.474	95	.340
34	.765	65	.468	96	.337
35	.750	66	.462	97	.334
36	.735	67	.457	98	.331
37	.721	68	.451	99	.328
38	.707	69	.446	100	.326
39	.694	70	.441	101	.323
40	.681	71	.436	102	.[illegible]20
41	.669	72	.431	103	.317
42	.657	73	.426	104	.315
43	.646	74	.421	105	.312
44	.635	75	.416	106	.309
45	.625	76	.412	107	.307

AIRES DES SOUPAPES DE SURETÉ (*Suite*).

Pression sur la chaudière.	Aire de soupape par pied carré de grille.	Pression sur la chaudière.	Aire de soupape par pied carré de grille.	Pression sur la chaudière.	Aire de soupape par pied carré de grille.
Lbs.	Pc. carr.	Lbs.	Pc. carr.	Lbs.	Pc. carré.
108	.304	123	.271	137	.246
109	.302	124	.269	138	.245
110	.300	125	.267	139	.243
111	.297	126	.265	140	.241
112	.295	127	.264	141	.240
113	.292	128	.262	142	.238
114	.290	129	.260	143	.237
115	.288	130	.258	144	.235
116	.286	131	.256	145	.234
117	.284	132	.255	146	.232
118	.281	133	.253	147	.231
119	.279	134	.251	148	.230
120	.277	135	.250	149	.228
121	.275	136	.248	150	.227
122	.273				

Trous d'homme.—Les ouvertures (trous d'homme, de vidanges, etc.), doivent être renforcées par un anneau présentant au moins la même résistance que la portion de plaque enlevée. Cet anneau doit avoir une épaisseur au moins égale à celle de la plaque.

On peut également employer un anneau constitué par un fer à angle.

Les ouvertures pratiquées dans la partie cylindrique des chaudières doivent avoir leur plus petite largeur disposée suivant la longueur de la chaudière.

Dans le calcul de la largeur à donner à l'anneau, il faut tenir compte de la diminution de résistance produite par les trous de rivets.

Grille.—La surface de la grille varie suivant la nature du combustible employé. En moyenne on peut compter

12 à 16 lbs de houille brûlée par pied carré de grille et par heure ;

20 à 30 lbs de ligneux ;

30 à 36 lbs de bois desséché.

On prend souvent surface de la grille = 0.027 à 0.035 de la surface de chauffe.

Cheminée.—La cheminée a pour objet : 1° de créer un tirage faisant passer à travers la grille la quantité d'air voulue pour produire la combustion ; 2° de répandre les produits gazeux dans l'atmosphère à une hauteur telle qu'ils ne puissent être nuisibles.

La hauteur des cheminées peut être déterminée par des circonstances locales, réglements, etc. On peut employer les données suivantes :

Pour une consommation de :

4	tonnes	de houille	par	semaine	75′	de hauteur
13	"	"	"	"	100′	"
26	"	"	"	"	120′	"
50	"	"	"	"	140′	"
100	"	"	"	"	180′	"
150	"	"	"	"	200′	"

La hauteur étant déterminée, l'aire de la section peut être calculée par la formule suivante, dans laquelle P est

le poids de charbon en lbs brûlé par heure, H, la hauteur en pieds, A, l'aire en pieds carrés :

$$A = \frac{0.061\ P}{\sqrt{H}}$$

Si on admet 24 lbs de charbon brûlé par pied carré de grille et par heure on a

$$A = 1.49 \times \frac{\text{surtace de la grille}}{\sqrt{\text{hauteur de la cheminée}}}$$

Si plusieurs chaudières co·respondent à une même cheminée, il faut, dans la dernière formule, remplacer 1.49 par 1.2.

Enfin, si on admet une consommation de 5 lbs par cheval et par heure, on peut appliquer la formule suivante, dans laquelle N représente le nombre de chevaux :

$$A = \frac{0.3\ N}{\sqrt{H}}$$

La section doit être au moins $\frac{1}{4}$ de la grille pour un feu de houille et $\frac{1}{6}$ pour un feu de ligneux.

Une cheminée ronde est préférable à une cheminé carrée sous le rapport du mouvement des gaz Le soubassement doit avoir $\frac{1}{7}$ à $\frac{1}{8}$ de la hauteur, le fruit est de 18 à 36 millièmes. La paroi intérieure peut se faire par étages de 15 à 20 pieds de hauteur, l'épaisseur décroissant d'une demi-brique par étage. Au-dessous du carneau de l'arrivée des gaz on ménage un puits de 3 à 5′ de profondeur où s'amassent les cendres.

On fait aussi des cheminées à double paroi : à l'intérieur se trouve une cheminée en brique réfractaire ; le massif extérieur seul doit pouvoir résister au vent. Il faut, dans ce cas, ménager des orifices dans le massif extérieur pour

permettre à l'air de circuler dans le vide entre les deux parois. Le diamètre extérieur à la base peut être pris $= \frac{H}{10}$

On emploie également des cheminées en tôle formées par des viroles s'emboîtant les unes dans les autres. Ces cheminées sont souvent consolidées par des haubans en gros fil de fer ou par des étais.

Combustibles.

Bois.—Le bois ayant une année de coupe contient environ sur 100 parties :

Carbone (charbon) 38.5, Hydrogène 4. Cendre 1.
Oxygène 31.5, Eau 25.

Le bois vert contient jusqu'à $50^{\circ}/_{\circ}$ d'eau.

Le bois en brûlant produit une grande quantité de vapeur d'eau qui diminue la chaleur utilisable. Les foyers pour le bois doivent être longs et environ deux fois plus hauts que ceux destinés à brûler du charbon, mais il est inutile d'y faciliter l'accès de l'air autant que pour ces derniers : aussi pour une même surface de grille on peut donner au cendrier $\frac{1}{3}$ de moins.

Tourbe.—La tourbe est une substance brune ou noirâtre ; lorsqu'elle est épurée et comprimée sa couleur est plus foncée que lorsqu'elle est brute. On peut carboniser la tourbe en meule, (procédé analogue à celui employé pour le charbon de bois) ; le charbon obtenu est d'un noir moins foncé que celui du charbon de bois.

La tourbe employée pour le chauffage des chaudières est généralement comprimée. Le feu est lent à prendre, le tirage doit être fort. Il ne faut pas attiser comme pour le

feu de charbon ordinaire. La flamme est blanche ; il y a peu de fumée.

Les fourneaux pour la tourbe sont disposés comme pour le bois.

Houilles.—Ce sont les combustibles les plus employés dans l'industrie ; il en existe un grand nombre de variétés.

Une houille pour être bonne, doit :

1° Ne pas être trop pyriteuse, c'est-à-dire, ne pas contenir trop de sulfures de fer ou de cuivre ; ces sulfures, en brûlant, donnent de l'acide sulfureux qui attaque le métal des chaudières.

2° Avoir une puissance calorique satisfaisante : une livre de houille doit vaporiser, dans les conditions ordinaires de la pratique, 8 lbs $\frac{1}{4}$ à 8 lbs $\frac{1}{2}$ d'eau à 212° F. (Il est bon d'ajouter que pour comparer plusieurs houilles il faut employer un même chauffeur travaillant de la même manière sur un même foyer ; l'habileté du chauffeur peut, en effet, faire varier la consommation du charbon du simple au double.)

3° La houille doit présenter suffisamment de cohésion, c'est-à-dire, ne pas trop se briser.

4° Les mâchefers ne doivent pas dépasser 3 %, et les cendres et escarbilles 12 à 13 % du poids du charbon employé.

5° La fumée ne doit être ni trop noire ni trop abondante. Elle ne doit pas généralement persister plus de dix minutes après la charge. L'odeur de la fumée permet de reconnaître les houilles contenant des pyrites.

6° La quantité de houille consommée par heure et par pied carré de grille doit être comprise, pour un tirage ordinaire, entre 18 et 22 lbs, le poids des morceaux de charbon étant d'environ 1 lb.

Nature des combustibles.	Composition sur 100.				Poids d'eau évaporée à 212 F. Pratique.	Volume d'air nécessaire. Pratique.	Pour produire le même effet que 1 lb. de houille. (Poids).	Observations.
	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène	Cendre				
					Lbs.	Pds. cubes		
Houille (bon.qual.)	85	5	5	5	9.5	300	1	1 pied cube d'air pèse 0.076 lbs à 62 F.
Anthracite	90	3	3	4	9.85	375	0.97	
Coke	85	5		10	9	340	1.06	
Lignite	70	5	20	5	6.3	250	1.53	
Charbon de bois	80		13	7	8.75	200	1.10	
Tourbe carbonisée	82			18	8.25	238	1.14	
Tourbe ordinaire	55	5	30	10	6.00	200	1.60	
Bois sec	48	6	45	1	5.00	200	1.90	
Bois à 20 °/₀ d'eau	40	5	54	1	4.75	160	2.03	

Incrustations, dépôts dans les chaudières.

L'eau employée pour la production de la vapeur contient des substances en dissolution et en suspension ; ces substances restent lorsque l'eau est vaporisée. Au bout d'un certain temps, les sels sont, par rapport à l'eau, en trop grande quantité pour qu'ils puissent demeurer dissous : on dit qu'il y a saturation ; il se forme alors des dépôts, des croûtes solides plus ou moins épaisses et plus ou moins adhérentes à la tôle. Ces dépôts conduisent très mal la chaleur, et lorsqu'ils ont une certaine épaisseur, $\frac{1}{2}$ à 1 pouce, la tôle est absolument comme si, chauffée fortement d'un côté, elle n'était plus, de l'autre, recouverte d'eau.

Pour empêcher ces dépôts de se former, on fait de temps à autre des extractions consistant à enlever de la chaudière, aux points où les dépôts tendent le plus à s'accumuler, une certaine quantité d'eau, de manière que l'eau introduite nouvellement, ajoutée à l'eau restant, donne un mélange non saturé.

Pour déterminer le degré de concentration de l'eau, on peut employer un instrument spécial (salinomètre, saturomètre, pèse-sel). Le degré de concentration qui ne doit pas être dépassé dépend de la nature des sels dissous dans l'eau et il est bon de le faire déterminer par un chimiste. En général le salinomètre ou pèse-sel doit se tenir entre 1° et 2°. On peut au si se baser sur la température d'ébullition qui ne doit pas dépasser 214°$\frac{1}{2}$. On peut d'ailleurs construire aisément un salinomètre : il suffit d'employer une bouteille à long col aussi régulier que possible ; on la leste de manière qu'elle s'enfonce presque complètement dans

l'eau pure bouillante, on marque l'affleurement par un trait ; puis, on fait dissoudre autant de sel qu'il est possible dans l'eau tiède, on fait bouillir de nouveau cette eau et on y plonge l'instrument ; on marque 10 au nouveau point d'affleurement et on divise l'intervalle compris entre les deux traits en 10 parties égales. Le salinomètre ne doit pas enfoncer au-delà de la 2° partie.

Lorsque l'eau contient des sels de chaux, ces sels se déposent brusquement lorsque la température s'élève au delà de 300°. En s'appuyant sur ce fait, on a imaginé des chaudières dans lesquelles les dépôts se font en des points spéciaux d'où on peut aisément les enlever.

On fait également usage de substances dites désincrustantes ou anti-calcaires. Ces substances n'empêchent pas les dépôts de se produire, mais la croûte qui se forme alors n'est plus adhérente. On emploie le carbonate de soude, le tanin et des compositions spéciales.

Conduite des chaudières.

On appelle faire le plein d'une chaudière, y introduire l'eau nécessaire à son fonctionnement. Le niveau de l'eau doit toujours être de 2″ à 2″$\frac{1}{2}$ au moins au-dessus de la plus haute surface de chauffe directe (surface exposée au feu). En faisant le plein, il faut avoir soin de donner un passage à l'air qui se trouve refoulé. L'eau chauffée à 212° augmente environ de $\frac{1}{20}$ de son volume.

Si les feux ont été éteints et que l'on remette la chaudière en pression quelques heures après sans avoir à relever le niveau, il faut abaisser le niveau de 2 à 3″, puis le rele-

ver pour introduire de l'eau aérée, l'expérience prouvant que l'eau non aérée peut donner naissance à des explosions ou à des entraînements. On sait que l'eau ayant produit de la vapeur ne contient plus d'air.

Allumage du feu.—Après avoir bien nettoyé la grille, surtout aux extrémités, de manière à laisser aux barreaux leur libre dilatation, on la couvre d'une couche de charbon d'environ 6″ d'épaisseur : le fond surtout doit être bien garni, sinon l'air froid qui traverserait, nuirait à l'allumage.

On place ensuite, à l'avant du fourneau, du bois ou des matières facilement inflammables que l'on recouvre de charbon choisi à peu près de la demi-grosseur du poing. Cela fait après avoir allumé, on ferme la porte du fourneau et on diminue l'ouverture de la porte du cendrier. Le registre de la cheminée (damper) doit être ouvert au moins à moitié. Si le tirage tarde à s'établir, on jette derrière l'autel, des copeaux, du bois, des chiffons allumés, en même temps on envoie dans le foyer quelques pelletées de charbon préalablement trempé dans un liquide inflammable, goudron, vieille huile, etc. On pousse ensuite, petit à petit, le charbon allumé sur toute la grille. On doit permettre à l'air de s'échapper en ouvrant soit la soupape de sûreté, soit le robinet de jauge supérieur.

Conduite du feu.—Elle varie suivant la nature du combustible employé ; l'épaisseur de la couche de charbon peut être de 6 à 8″. Le feu doit être entretenu par petites charges ; la couche de charbon doit être aussi régulière que possible. Avant de charger, repousser à l'arrière le

charbon enflammé et disposer le charbon nouveau surtout à l'avant ; on obtient ainsi un certain degré de fumivorité Le dessous de la grille doit être clair, il faut dégager fréquemment l'intervalle entre les barreaux de manière à faire arriver l'air dans la masse combustible. On décrasse la grille dès que la flamme devient plus courte. Pour effectuer cette opération on s'y reprend en deux fois, décrassant d'abord une moitié longitudinale de la grille, puis l'autre. Il est bon, avant d'opérer ce décrassage, de laisser descendre le niveau de manière à avoir moins d'eau à chauffer. La porte du fourneau doit rester le moins longtemps possible ouverte, sinon, l'arrivée d'air froid sur la grille diminue le tirage.

L'eau doit être maintenue à la hauteur de sécurité ; c'est à l'abaissement anormal du niveau qu'il faut attribuer les $\frac{9}{10}$ des explosions. On ne saurait apporter trop de soins dans la surveillance des indicateurs et des manomètres. Si, accidentellement, le niveau n'est plus apparent et que le robinet d'épreuve inférieur donne de la vapeur, il faut se garder d'injecter pour le relever, mais au contraire, arrêter l'alimentation, laisser tomber le feu, user la vapeur qui se produit à l'aide de la machine, sans toucher à la soupape de sûreté, et laisser la chaudière se refroidir, puis procéder à un examen.

Le ramonage des tubes doit être fait dès qu'il paraît nécessaire, même lorsque la chaudière est en pression. On peut alors, dans ce cas, l'effectuer au moyen d'un jet de vapeur en se servant d'une petite lance.

Si la chaudière doit demeurer en pression quelques heures sans fournir de vapeur, mais que néanmoins il y ait néces-

sité d'entretenir les feux, il faut laisser à l'eau et à la vapeur un écoulement continu, quelque petit qu'il soit, et augmenter graduellement cet écoulement avant de remettre le feu en activité, sinon, au moment de la remise en marche, ou dès qu'un orifice quelconque, soupape, robinet, est ouvert, il peut se produire une ébullition tumultueuse, et la production subite de vapeur est telle qu'elle peut causer une explosion. Il faut, pour la même raison, se garder d'ouvrir subitement la soupape de sûreté.

Il faut se garder de fermer le registre de la cheminée après l'extinction des feux ; il peut, en effet, se produire des gaz formant avec l'air un mélange explosible, ces gaz étant dus à la combustion du charbon qui se trouve en arrière de l'autel.

Les huiles grasses, végétales ou animales, ne doivent pas être employées lorsqu'on fait usage du condenseur à surface et que l'eau provenant de la condensation est renvoyée à la chaudière ; sinon ces huiles se décomposent, et il en résulte des acides qui attaquent les chaudières et donnent des savons de fer. Les huiles minérales, au contraire, ne se décomposant pas, donnent simplement des dépôts de surface que l'on évite en faisant des extractions dans la partie supérieure.

Si plusieurs chaudières en communication par le coffre de vapeur fonctionnent l'une après l'autre, la communication ne doit être faite que lorsque les manomètres marquent une même pression ; sans cette précaution, il peut y avoir ébullition tumultueuse et projection d'eau au cylindre des machines.

Entraînement d'eau (priming).—Provient généralement d'un manque de proportions entre la surface de chauffe et

le réservoir à vapeur. Pour diminuer l'entraînement d'eau, il faut ou augmenter le réservoir de vapeur, ou diminuer la quantité de vapeur employée.

Explosion des chaudières.

L'explosion d'une chaudière est toujours due à un excès de pression de la vapeur par rapport aux conditions de résistance de la chaudière au moment de l'accident. Deux cas se présentent :

1o La pression est normale et la résistance de la chaudière est, soit accidentellement, soit par un vice de construction, inférieure à ce qu'elle devrait être ;

2o. La résistance de la chaudière est normale, mais la pression est accidentellement supérieure à celle pour laquelle la chaudière a été calculée.

Les deux causes peuvent d'ailleurs exister simultanément.

Les causes d'explosions sont, le plus fréquemment :

1o. Défaut dans la construction, mauvaise qualité du métal, oxydation, usure, immobilité accidentelle de la soupape de sûreté, section trop étroite de cette soupape, mauvaise circulation de l'eau dans les parties les plus chauffées ;

2o. Dépôts et incrustations.—Le métal, n'étant plus en contact avec l'eau, s'échauffe jusqu'au rouge naissant ; les dépôts, conduisant mal la chaleur, il en résulte un coup de feu ;

3o. Abaissement brusque de la pression.—La vapeur emmagasinée s'échappant, soit par une déchirure, soit par un orifice brusquement ouvert, la pression diminue, et l'eau

se trouve, par rapport à la nouvelle pression, à une température de beaucoup au-dessus de la température d'ébullition ; l'excès de chaleur emmagasinée correspondant à cette différence de température donne lieu à une énorme production de vapeur, il s'en suit une secousse qui peut amener des déchirures dans les parties les moins résistantes ;

4o. L'abaissement du niveau de l'eau au-dessous des surfaces directement chauffées.—Le métal se surchauffe, et, si une certaine quantité d'eau vient le toucher, il s'en suit une production instantanée de vapeur ou même une décomposition en gaz (hydrogène et oxygène) pouvant faire explosion ;

5o. L'immobilité de l'eau ayant déjà servi et par suite étant privée d'air. La vaporisation peut alors se produire instantanément.

Indicateurs.

Il existe un grand nombre de modèles d'indicateurs ; tous sont d'ailleurs basés sur le même principe.

Ils se composent d'un cylindre dans lequel se meut un piston. La face inférieure de ce piston est mise en communication avec l'extrémité du cylindre pour laquelle on veut prendre un diagramme, l'autre face reçoit la pression d'un ressort en hélice.

Lorsque la vapeur agit sur le piston de l'indicateur, ce dernier se soulève, comprimant le ressort. La tige du piston fait alors mouvoir, par l'intermédiaire d'un système de leviers, un crayon appuyant sur une feuille de papier enroulée sur un cylindre pouvant tourner autour de son

axe. Le mouvement de ce cylindre, et par suite de la feuille de papier, correspond au mouvement du piston.

Il existe un grand nombre de dispositifs permettant de transmettre au cylindre le mouvement de rotation.

Il est fourni avec l'indicateur une série de ressorts. L'échelle d'un ressort est le nombre de livres par pouce carré produisant un déplacement vertical du crayon de 1″. On choisit, en général, un ressort tel que le déplacement total du crayon soit d'environ 2″½. Pour une pression de 90 lbs on pourra prendre un ressort de 40 lbs, et pour une pression de 140 lbs et au-dessus, un ressort de 60 lbs.

Pour opérer avec l'indicateur, on le fixe, à l'aide de sa partie filetée, soit sur le couvercle du cylindre, soit sur une conduite munie d'un robinet à trois voies permettant de mettre successivement l'indicateur en communication avec les deux faces du piston.

Si on veut avoir des résultats absolument exacts, il est préférable d'employer simultanément deux indicateurs, un à chaque extrémité. Dès que le mouvement du cylindre portant la feuille de papier est assuré, on appuie légèrement le crayon et on obtient ainsi une ligne droite "ligne atmosphérique." Ceci fait, on met l'indicateur en communication avec une des extrémités du cylindre à vapeur, et on appuie de nouveau le crayon. Le diagramme tracé, on opère de même pour l'autre extrémité, si on dispose d'un seul indicateur.

Quant aux soins à donner aux instruments, ils sont généralement indiqués dans une instruction donnée par le fabricant.

Le diagramme obtenu à l'indicateur peut servir à déterminer la puissance indiquée (indicated horse power) et la

pression moyenne. Il permet de plus l'étude des différentes phases de la distribution.

Pour déterminer la pression moyenne, on peut, par exemple, diviser le diagramme (fig. 60) en 11 parties, les deux parties extrêmes étant moitié seulement des autres.

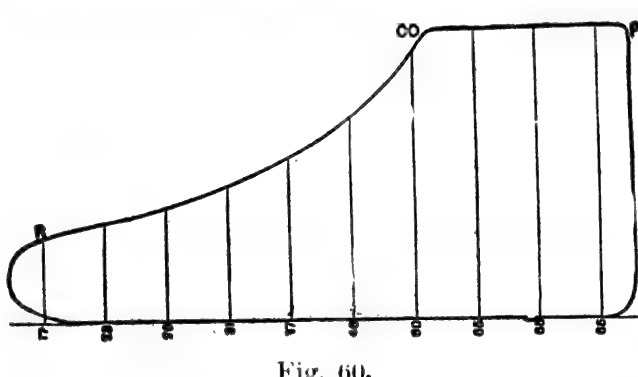


Fig. 60.

On mène par chaque point de division des verticales ; on mesure ensuite la longueur de ces verticales comprises dans le diagramme et on en fait la somme ; cette somme divisée par 10 et multipliée par l'échelle du ressort donne la pression cherchée. On peut également se servir, pour mesurer les verticales, d'échelles spéciales appelées " échelles des ressorts " ; elles permettent de lire de suite la pression en lbs par pouce carré.

Dans la fig. 60, on a mené les verticales et, à l'aide de l'échelle des ressorts, on a lu comme pressions 17, 23, 26, 31, 37, 46, 60, 65, 65 et 65 ; en faisant la somme on trouve 435 qui, divisé par 10, donne 43.5 comme pression moyenne.

On pourrait également mesurer les hauteurs en pouces, faire la somme de ces hauteurs et diviser cette somme par

10 ; le résultat, multiplié par l'échelle du ressort qui est 50, donnera la pression moyenne cherchée.

Si on emploie ce dernier procédé, on pourra porter bout à bout sur une même ligne, en se servant d'une bande de papier, les diverses hauteurs et mesurer simplement la longueur totale. Dans le cas présent, on trouverait pour longueur totale $8''\frac{11}{16}$ qui, multiplié par l'échelle 50 et divisé par 10, donne 43.44 comme pression moyenne.

On peut également faire usage, lorsque l'on désire une plus grande exactitude, de certains instruments appelés "*planimètres*". Des instructions sur l'emploi de ces instruments sont données par les fabricants.

La pression moyenne étant connue, on calculera la puissance de la machine à l'aide des procédés indiqués page 179.

Nous donnons ci-après quelques diagrammes avec les indications qui résultent de leur forme.

Le diagramme (fig. 61) est celui d'une machine fonctionnant normalement. L'admission de vapeur commence en A, la ligne A B est la ligne d'admission ; la plus haute pression est atteinte en B, cette pression demeure la même de B en C : la ligne B C est la ligne de vapeur. En C, l'admission commence à diminuer et en D, elle est arrêtée ; la détente commence et la pression va en diminuant de D en E : D E est la ligne de détente ; en E, l'échappement commence à ouvrir, la pression diminue

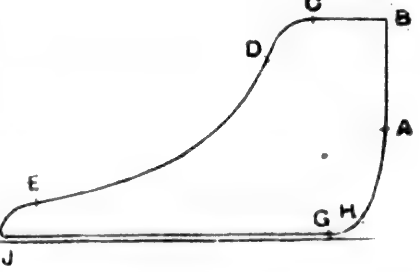


Fig. 61.

et devient la pression, soit du condenseur, soit de l'atmosphère (contre-pression), le diagramme revient alors sur lui-même. En H, l'échappement est fermé, et en H A la vapeur est comprimée.

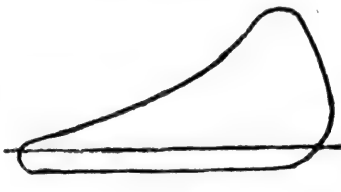


Fig. 62.

Le diagramme (fig. 62) indique une avance à l'admission insuffisante, l'orifice d'admission est ouvert trop tard.

Le diagramme (fig. 63) indique une avance à l'admission trop forte L'orifice d'admission est ouvert trop tôt.

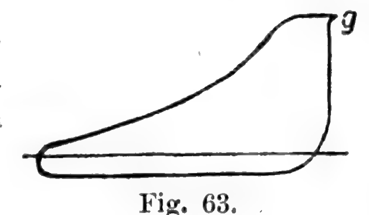


Fig. 63.

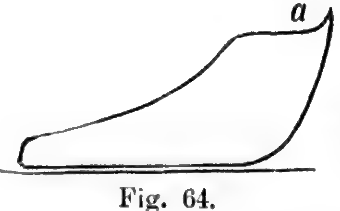


Fig. 64.

Le diagramme (fig. 64) indique que la vapeur n'entre pas dans le cylindre avec une vitesse suffisante.

Les diagrammes (fig. 65 et 66) indiquent une réadmis-

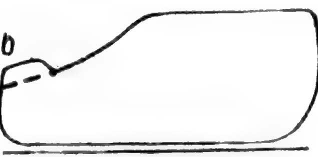




Fig. 65.

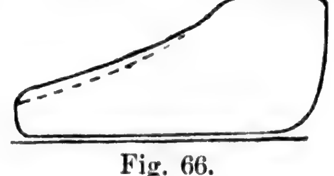
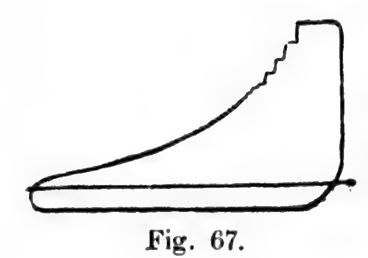


Fig. 66.

sion de vapeur due généralement à un défaut du mécanisme d'admission.


Fig. 67.

Le diagramme (fig. 67) indique que le crayon ne se meut pas librement ou que le piston ne glisse pas aisément dans le cylindre de l'indicateur.

Le diagramme (fig. 68) indique que la détente est poussée au delà de la ligne de contre-pression ; de *b* en *a* le travail est négatif.

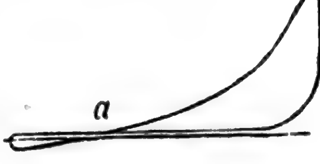


Fig. 68.

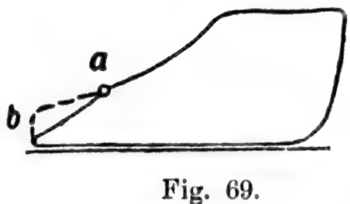


Fig. 69.

Le diagramme (fig. 69) indique que l'avance à l'échappement est trop forte ; la ligne de détente, au lieu de se prolonger jusqu'en *b*, s'arrête en *a*.

Le diagramme (fig. 70) indique que l'orifice d'échappement s'ouvre trop tard.

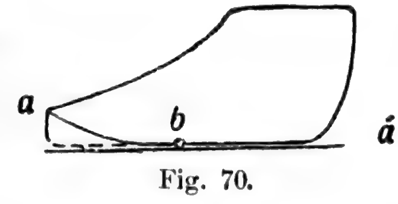


Fig. 70.



Fig. 71.

Le diagramme (fig. 71) indique un manque de compression.

Le diagramme (fig. 72) indique une trop forte compression. La pression, produite par la compression de la vapeur enfermée au moment où l'échappement se ferme, dépasse la pression de la vapeur venant de la chaudière de la quantité *e*.

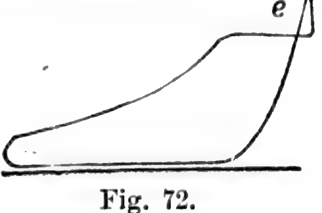


Fig. 72.

Ecoulement de la vapeur.

Le poids de vapeur qui s'écoule par minute à travers une conduite est donné approximativement par la formule

$$P = 87 \sqrt{\frac{D\,(p^1 - p^2)\,d^5}{L\,(1 + \frac{3.6}{D})}}$$

D, poids du pied cube de vapeur, *d*, diamètre du tuyau en pouces, p^1 et p^2, pressions aux extrémités du tuyau, *L*, longueur de la conduite.

Le passage à travers les soupapes et les coudes augmente la résistance.

Lorsque la vapeur s'échappe à travers un orifice, la pression extérieure étant moindre que les $\frac{3}{5}$ de la pression intérieure, la vitesse est à peu près constante et égale à 888 pieds par seconde, d'où, tous calculs faits, la règle suivante :

Pour obtenir le poids de vapeur qui passe à travers un orifice d'une section donnée, la pression extérieure étant moindre que les $\frac{3}{5}$ de la pression intérieure, multiplier l'aire de l'orifice en pouces par 370, et le produit par le poids du pied cube de vapeur à la pression considérée

(page 164.) Le résultat ainsi trouvé devra être multiplié par 0.63 dans le cas d'un orifice mince (trou dans une tôle, soupape de sûreté) ou 0.93 pour un bout de tuyau.

TABLE DES TEMPÉRATURES D'ÉBULLITION

pour pressions au-dessous de la pression atmosphérique ainsi que des chaleurs correspondantes. (Complément du tableau page 164).

Pressions absolues.	Température d'ébullition.	Chaleurs sensibles.	Chaleurs latentes.	Chaleurs totales.	Vol. d'une lb. de vapeur en pieds cubes.	Poids d'un pied cube en lb.
1	102.	70.	1043.	1113.	334.5	0.003
2	126.3	94.4	1026.1	1120.5	173.6	0.0058
3	141.6	109 8	1015.3	1125.1	118.5	0.0084
4	153.	121.4	1007.2	1128.6	90.33	0.0111
5	162.3	130.7	1000.8	1131.5	73.21	0.0137
6	170.1	138.6	995.2	1133.8	61.65	0.0162
7	176.9	145.4	990.5	1135.9	53.39	0.0187
8	182.9	151.5	986.2	1137.7	47.06	0.0213
9	188.3	156.9	982.5	1139.4	42.12	0.0237
10	193.2	161.9	979.	1140.9	38.15	0.0262

Réglage du tiroir.

Il faut d'abord déterminer exactement les points morts (dead centres) ; pour cela, on place la manivelle un peu au-dessus du point mort, puis on marque un trait sur le côté du volant ou sur le disque de la manivelle et on repère ce trait en se servant soit d'un compas ou d'une corde dont

une des extrémités est fixée en un point du bâti, soit à l'aide d'une règle que l'on place verticalement reposant en un point fixe, et sur laquelle on fait une marque. On fait également un trait sur la crosse (crosshead) et sur la glissière.

On tourne alors la manivelle en passant par le point mort jusqu'à ce que le trait marqué sur la crosse vienne de nouveau coïncider avec celui de la glissière, puis on trace sur le volant ou sur le disque de la manivelle un second trait à l'aide du compas ou de la corde, ou au moyen de la règle ; ce second trait occupe, par suite, la position qu'occupait le premier. On divise la distance entre les deux traits en deux parties égales ; on marque le point ainsi trouvé, puis on ramène ce trait exactement à la position repérée, c'est-à-dire à l'extrémité du compas ou de la corde, ou vis-à-vis de la marque faite sur la règle. La machine est alors à son point mort.

On peut, de la même manière, déterminer l'autre point mort.

La machine étant ainsi sur son point mort, on fixe temporairement l'excentrique à peu près dans la position qu'il doit occuper, mais plutôt en avant qu'en arrière ; on mesure l'avance à l'admission (lead). On place ensuite la machine sur son second point mort, on mesure de nouveau l'avance, et, si on trouve une différence, on déplace le tiroir sur la tige de la moitié de cette différence de telle sorte que l'avance soit la même aux deux points morts. Laissant alors la machine dans la même position, on déplace l'excentrique sur l'arbre jusqu'à ce que la lumière (steam port) soit fermée, puis on le fait mouvoir dans le sens de la

rotation jusqu'à ce que l'avance requise soit obtenue, c'est-à-dire que la lumière d'admission soit ouverte de la quantité voulue lorsque le piston est à l'extrémité de sa course.

On fixe alors l'excentrique.

Pour les grosses machines il faut tenir compte de l'allongement dû à la dilatation pour la tige d'excentrique, ainsi que du jeu des pièces.

Réchauffeurs d'alimentation (Fuel economisers).

Il est avantageux de n'introduire au générateur que de l'eau préalablement échauffée le plus possible au moyen de la chaleur perdue provenant soit de gaz chauds allant à la cheminée, soit de l'échappement de la machine. Cette opération se fait à l'aide d'un réchauffeur placé dans le carneau (flue) entre la chaudière et la cheminée ou alimenté par la vapeur d'échappement (exhaust).

Le percentage de l'économie du combustible est donné par la formule $100 \times \left(\frac{T-t}{H-t}\right)$.

T, représentant la température finale de l'eau d'alimentation à son arrivée dans la chaudière, t, la température de l'eau d'alimentation avant de la chauffer, H, la chaleur totale de la vapeur (page 164).

On donne aux réchauffeurs $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{5}$ de la surface de la chaudière ; leurs tôles doivent être renforcées, surtout vers le point d'arrivée de l'eau.

CHAPITRE VI.

ELECTRICITÉ.

Préliminaires.

Energie.—On dit qu'un corps a de l'énergie quand il est capable de produire du travail.

L'énergie est appelée potentielle lorsque le travail correspondant ne se produit pas actuellement ; exemple : un ressort tendu, une chaudière sous pression.

L'énergie est appelée dynamique ou d'action, quand le travail correspondant se produit ; exemple : un ressort qui se détend, une chaudière fournissant de la vapeur.

L'électricité est une forme de l'énergie. Pour la produire il faut dépenser, soit de l'énergie mécanique comme dans une dynamo, soit de l'énergie chimique comme dans une pile, soit de l'énergie calorifique comme dans certaines piles dites thermo-électriques.

L'électricité, comme la chaleur, est susceptible d'être mesurée. L'unité de quantité d'électricité est appelée Coulomb (voir ci-après.)

De même qu'en soulevant une livre d'eau à différentes hauteurs on peut emmagasiner diverses quantités d'énergie, énergie que l'eau transformerait en travail en retombant, on peut aussi avec une même quantité d'électricité, un

coulomb, emmagasiner une plus ou moins grande quantité d'énergie.

Cette quantité d'énergie, accumulée par un coulomb, est appelée potentiel.

Si on met en communication deux réservoirs de niveau différent à l'aide d'un tuyau, il se produit un courant ; de même, si entre deux points d'un même circuit il y a une différence de potentiel, il se produit dans ce circuit un phénomène auquel on a donné le nom de " courant électrique."

L'intensité du courant est la quantité d'électricité qui traverse une section du courant pendant une seconde ; l'unité d'intensité est l'Ampère ; il correspond à un coulomb par seconde.

De même que la cause donnant naissance au courant dans le cas de réservoirs est la différence de niveau, la cause donnant naissance au courant électrique est la différence de potentiel ; elle est appelée *force électromotrice.* On la mesure en unités appelées *volts.* Le volt représente la différence de potentiel comme le pied représente la différence de niveau.

Une différence de niveau dans les réservoirs donnera avec des tuyaux différents des volumes d'eau différents pendant un même temps ; il en sera ainsi d'une même force électromotrice ; sur deux circuits différents, elle ne produira pas des courants de même intensité, ces circuits offrant à l'établissement des courants des résistances différentes. Cette résistance augmente avec la longeur du circuit et diminue quand la section du fil augmente ; enfin elle varie avec la substance employée. Si on connaît la résistance *A*, qu'offre

un fil ayant pour longueur l'unité de longueur et pour section l'unité de section, la résistance d'un circuit de même substance ayant une longueur l et une section s s'obtiendra en multipliant la résistance a (tab. ci-après) appelée résistance spécifique, par la longueur l et en divisant le tout par la section s :

$$R = a\frac{l}{s}$$

L'unité pratique de résistance est appelée *ohm*.

La résistance d'un circuit comprend en outre la résistance des appareils, lampes, etc., compris dans le circuit.

L'intensité d'un courant augmente avec la différence de potentiel ou force électromotrice (exprimée en volts) et diminue à mesure que la résistance augmente (loi de Ohm) :

$$I = \frac{E}{R}$$

I, intensité du courant en ampères, E, différence de potentiel ou force électromotrice en volts, et R, résistance du circuit.

Règles.—Pour trouver l'intensité d'un courant, diviser la différence de potentiel ou force électromotrice en volts par la résistance du circuit.

La quantité d'électricité qui traverse un courant dans un temps donné s'obtient en multipliant l'intensité par ce temps ; l'unité de quantité est le *Coulomb*. L'ampère-heure est la quantité d'électricité qui traverse un circuit pendant 1 heure quand l'intensité est 1 ampère.

De même que la puissance d'une chute d'eau s'obtient en multipliant le débit en poids par seconde par la hauteur

RÉSISTANCE DES MÉTAUX ET ALLIAGES EN UNITÉS B. A.

Désignation des métaux.	Résistance d'un fil de 1 pied de long pesant 1 grain.	Résistance d'un fil de 1 pied de long et de 1/1000 de pouce de diamètre.	Résistance comparative approximative.	Percentage approximatif de variation dans la résistance par degré de température à 20° c.
Argent recuit	0.2214	9.151	1.	0.377
Aluminium recuit	0.1085	17.72	1.94	
Antimoine comprimé	3.456	216.	23.65	0.389
Bismuth comprimé	18.64	798.	87.20	0.354
Cuivre recuit	0.2064	9.718	1.06	0.388
Etain comprimé	1.396	80.36	8.80	0.365
Fer recuit	1.097	59.10	6.80	
Melchior (German silver) recuit	2.652	127.32	14.87	0.044
Mercure liquide	18.72	578.6	62.50	0.072
Nickel recuit	1.535	75.78	8.30	
Or recuit	0.5849	12.52	1.38	0.365
Platine recuit	2.810	55.09	6.08	
Plomb comprimé	3.236	119.39	13.60	0.387
Zinc comprimé	0 5831	34.22	3.75	0.365
Alliage 2 parties platine, 1 argent	4.243	148.35	16.10	0.031
" or et argent	2.391	66.10	7.22	0.065

N. B.—Une unité B. A. = 0.9889 ohm. Les nombres ci-dessus multipliés par 0.9889 donneront les ohms légaux.

de la chute, la puissance d'un courant s'obtiendra en multipliant l'intensité par la force électromotrice :

$$W = E \times I$$

L'unité de puissance est appelée Watt ou volt-ampère. C'est la puissance d'un courant de 1 ampère avec une différence de potentiel de 1 volt.

Si dans l'expression $W = E \times I$ on remplace E par sa valeur tirée de l'expression $I = \frac{E}{R}$ on a $E = R \times I$, d'où $W = R \times I^2$.

On peut, dans les relations ci-dessus, exprimer la puissance en chevaux-vapeur. Un cheval-vapeur égale 746 watts ; d'où :

$$H.\ P. = \frac{R \times I^2}{746} \quad ; \qquad H.\ P. = \frac{E \times I}{746}$$

Règles.—1° Pour trouver la puissance d'un courant en watts connaissant l'intensité et la force électromotrice, multiplier l'intensité exprimée en ampères par la force électromotrice exprimée en volts.

2o, Pour trouver la puissance d'un courant en watts, connaissant la résistance et l'intensité, multiplier la résistance par le carré de l'intensité.

3o. Pour trouver la puissance d'un courant en chevaux-vapeur, diviser les résultats trouvés, d'après les règles ci-dessus, par 746.

Exemples : 1o. Combien faut-il de chevaux-vapeur pour maintenir un courant de 10 ampères dans un conducteur dont la résistance est 8 ohms ?

$$H.\ P. = \frac{R \times I^2}{746} = \frac{8 \times 10^2}{746} = 1\tfrac{7}{100}$$

2o. Quel courant peut-on entretenir avec 20 chevaux-vapeur, la résistance du courant étant de 50 ohms ?

De l'équation $H.\ P. = \frac{R \times I^2}{746}$ on tire $I = \sqrt{\frac{746 \times H.\ P.}{R}}$

d'où, $$I = \sqrt{\frac{746 \times 20}{50}} = 17.26 \text{ ampères.}$$

La force électromotrice s'obtiendra de la relation $I = \frac{E}{R}$ d'où $E = R \times I = 17.26 \times 50 = 863$ volts.

3o. A travers quelle résistance un courant de 17 ampères 26 peut-il passer, lorsque le travail dépensé est de 20 chevaux ?

De l'équation $H.\ P. = \frac{R \times I^2}{746}$ on tire $R = \frac{746 \times H.\ P.}{I^2}$;

d'où, $$R = \frac{746 \times 20}{17.26^2} = 50 \text{ ohms}$$

4o. Quelle devra être la force électromotrice d'une machine pour que 20 chevaux puissent donner un courant de 17 ampères ?

De l'expression $H.\ P. = \frac{E \times I}{746}$ on tire $E = \frac{746 \times H.\ P.}{I}$

d'où, $$E = \frac{746 \times 20}{17} = 877.65.$$

La résistance du conducteur s'obtiendrait des relations

$$I = \frac{E}{R}, \qquad R = \frac{E}{I}$$

d'où, $$R = \frac{877.65}{17} = 51 \text{ ohms } 6.$$

5o. Quelle sera l'intensité d'un courant, la force électromotrice étant 863 volts et la puissance utilisée 20 chevaux ?

De l'expression $H.\ P. = \dfrac{E \times I}{746}$ on tire $I = \dfrac{746 \times H.\ P.}{E}$

d'où, $$I = \frac{746 \times 20}{863} = 17.29 \text{ ampères.}$$

6o. Quelle quantité d'électricité passera en une heure, l'intensité du courant étant 10 ampères ?



$$Q = 10 \times 60 \times 60 = 36000 \text{ Coulombs.}$$

Production de l'électricité.

Industriellement, l'électricité n'est produite aujourd'hui qu'à l'aide de dynamos.

Aimants.

Aimant naturel.—On appelle aimant naturel un minerai de fer, composé de fer et d'oxygène, possédant la propriété d'attirer certains métaux et en particulier le fer.

Aimant artificiel.—Lorsqu'on frotte un barreau d'acier trempé, ou si on fait passer un courant pendant un certain temps dans un fil isolé, enroulé autour du barreau, ce barreau acquiert toutes les propriétés d'un aimant. On constate que la puissance d'attraction réside surtout aux extrémités du barreau. Ces extrémités sont appelées *pôles.* La partie intermédiaire où l'attraction est nulle est appelée *région neutre.*

On peut arriver à produire sur un même barreau plus de deux pôles, c'est-à-dire, plus de deux points ayant la propriété d'attirer le fer ; ces pôles intermédiaires sont appelés *points conséquents.*

Si on suspend un barreau aimanté de manière qu'il soit horizontal et puisse tourner librement tout en restant dans le plan horizontal, on constate qu'un des pôles se dirige toujours vers le nord de la terre ; ce pôle est appelé *pôle nord ;* l'autre, *pôle sud.*

Action mutuelle des pôles.—1o. Deux pôles de même nom (deux pôles nord ou deux pôles sud) se repoussent ;

2o. Deux pôles de noms contraires (un pôle nord et un pôle sud) s'attirent.

Induction magnétique.—Les aimants, soit mis en contact avec d'autres corps, soit à distance, font naître dans ces autres corps des propriétés magnétiques. Ce phénomène est appelé *induction magnétique.*

L'aimant inducteur est celui qui produit l'aimantation ; le *corps induit* est celui qui devient un aimant.

Le *champ magnétique* est l'espace dans lequel se fait sentir l'action de l'aimant

Le fer, placé dans un champ magnétique, devient lui-même aussitôt un aimant, mais il perd plus ou moins ses propriétés magnétiques dès qu'on l'éloigne (le fer doux les perd complètement, le fer dur les conserve plus longtemps). L'acier trempé s'aimante plus difficilement, mais garde ses propriétés. La résistance qu'oppose l'acier à l'aimantation s'appelle *force coercitive.*

Si on place sur un aimant un morceau de carton mince, et que l'on répande sur ce carton, à l'aide d'un tamis, de la limaille de fer, on voit la limaille se disposer en lignes dessinant la direction suivant laquelle la force magnétique ou *flux* agit ; ces lignes sont appelées *lignes de force.* Elles

sont plus resserrées vers les pôles et sont supposées se diriger du pôle *N* au pôle *S*, à l'extérieur de l'aimant.

L'ensemble des lignes de force constitue le champ magnétique.

Un courant électrique est toujours accompagné d'un champ composé de lignes de force tournant autour du conducteur, ces lignes étant situées dans un plan à angle droit avec l'axe du conducteur.

Le sens des lignes de force est supposé être celui dans lequel il faudra faire tourner un tire-bouchon pour avancer suivant la direction du courant.

Le champ d'un courant est de même nature et a les mêmes propriétés que le champ d'un aimant.

Lois d'Ampère.—1o. Deux courants parallèles de même sens s'attirent et deux courants parallèles de sens contraires se repoussent.

2o. Deux courants faisant entre eux un certain angle s'attirent et tendent à se placer parallèlement s'ils s'approchent ou s'éloignent tous deux du sommet de l'angle : ils se repoussent si l'un s'éloignant du sommet l'autre s'en approche.

3o. Deux éléments de conducteurs parallèles s'attirent ou se repoussent avec une force proportionnelle au produit de leurs intensités par leurs longueurs, divisé par le carré de leur distance.

Solénoïdes.—On appelle solénoïde un système constitué par une série de courants circulaires et parallèles. En pratique, un solénoïde est réalisé par une bobine composée d'une couche de fil métallique dans lequel circule un courant.

Par suite de l'action des courants les uns sur les autres, le champ de chacun d'eux est modifié, et il en résulte un champ analogue à celui d'un aimant. Le sens des lignes de force est tel, qu'un homme, couché sur le courant regardant le centre des spires et placé de manière que le courant entrant par ses pieds sorte par sa tête, verra les lignes allant de droite à gauche.

Les solénoïdes ont comme les aimants deux pôles et produisent les mêmes effets, soit sur d'autres solénoïdes, soit sur des aimants, soit sur des courants. Les lignes de force entrent par le pôle sud et sortent par le pôle nord, se dirigeant hors du solénoïde du N. au S.

Electro-aimant.—Un électro-aimant se compose d'un fer doux autour duquel est enroulé un grand nombre de fois, en hélices superposées, un fil de cuivre isolé dans lequel on peut faire passer un courant. Il se produit sous l'influence de ce courant un flux de lignes de force à travers le fer doux et ce dernier acquiert toutes les propriétés d'un aimant. Le pôle N. est celui qui serait à la gauche d'un homme supposé couché sur le fil, regardant le fer doux et placé de telle sorte que le courant, entrant par les pieds, sorte par la tête. Un tire-bouchon tournant comme le courant entrerait par le pôle sud et sortirait par le pôle nord.

Le plus souvent, le fil n'est pas appliqué directement sur le fer, mais enroulé sur une bobine creuse en bois, en ébonite ou en cuivre ; dans ce dernier cas, la bobine est quelquefois fendue dans le sens de la longueur.

Si on enroule le fil, en changeant le sens de l'enroulement à un certain point, on obtient en ce point un *point conséquent.*

Induction.—Tout conducteur qui coupe des lignes de force devient le siège d'une force électromotrice qui pousse l'électricité dans une direction perpendiculaire à la fois à la direction de la ligne de force coupée et à la direction du mouvement ; le courant qui en résulte est appelé *courant induit* ou *d'induction.*

Le courant ou aimant produisant le champ magnétique est appelé *inducteur*, et le circuit dans lequel se produit le courant d'induction est appelé simplement *induit.*

Les courants induits sont dits *directs* lorsqu'ils sont de même sens que les courants inducteurs, et *inverses* lorsqu'ils sont en sens contraire.

Il se produit un courant induit direct, si on éloigne, si on affaiblit ou si on interrompt le courant inducteur.

Il se produit un courant induit inverse, si on approche, si on renforce ou si on ferme le courant inducteur.

On appelle *self-induction*, l'induction produite par un courant électrique sur les parties voisines du même conducteur.

Si on ferme un circuit comprenant une série de spires voisines, autrement dit, si on lance un courant, le champ du courant de la 1re spire agira sur la spire voisine et produira dans cette spire un courant de sens inverse *(extra-courant de fermeture).* Si, au contraire, on arrête le courant, il se produit, par suite de la variation du champ, un courant induit de même sens que le courant principal et qui, par suite, s'y ajoute *(extra-courant d'ouverture).* C'est à l'extra-courant d'ouverture qu'est due l'étincelle brillante qui se produit lorsqu'on coupe le circuit d'un électro-aimant.

Courants de Foucault (Eddy Currents).—Ce sont des courants induits se développant dans les noyaux et dans les masses déplacées dans les champs magnétiques. Ils produisent un échauffement correspondant à une certaine perte d'énergie.

Hystérésis.—La désaimantation du fer fait reparaître sous forme de courants induits une partie de l'énergie qui a été employée à l'aimanter ; la perte d'énergie correspondante est appelée hystérésis.

Machines dynamo-électriques.

La construction des machines dynamo-électriques ou simplement dynamos, est basée sur le principe de Faraday : " quand on fait mouvoir un conducteur dans un champ magnétique, c'est-à-dire dans l'espace soumis aux influences

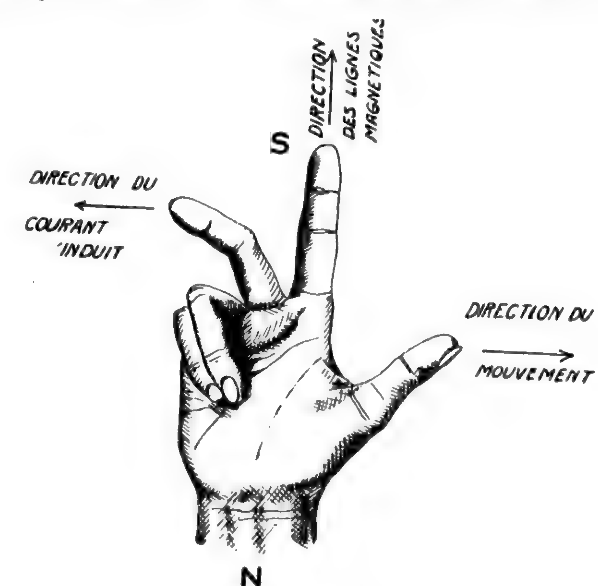


Fig. 73.

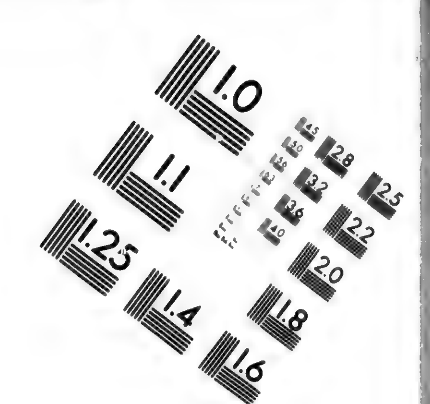
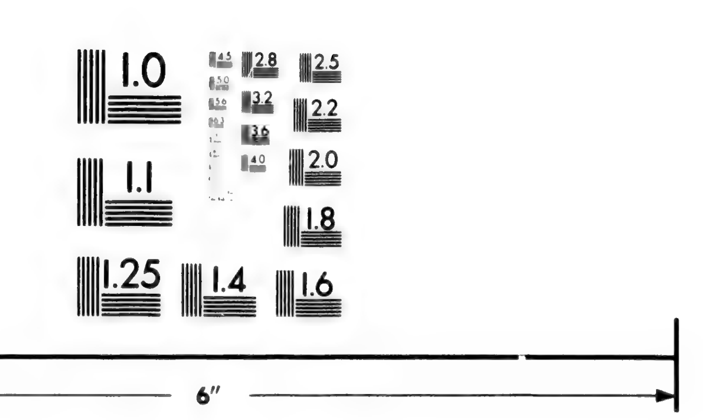
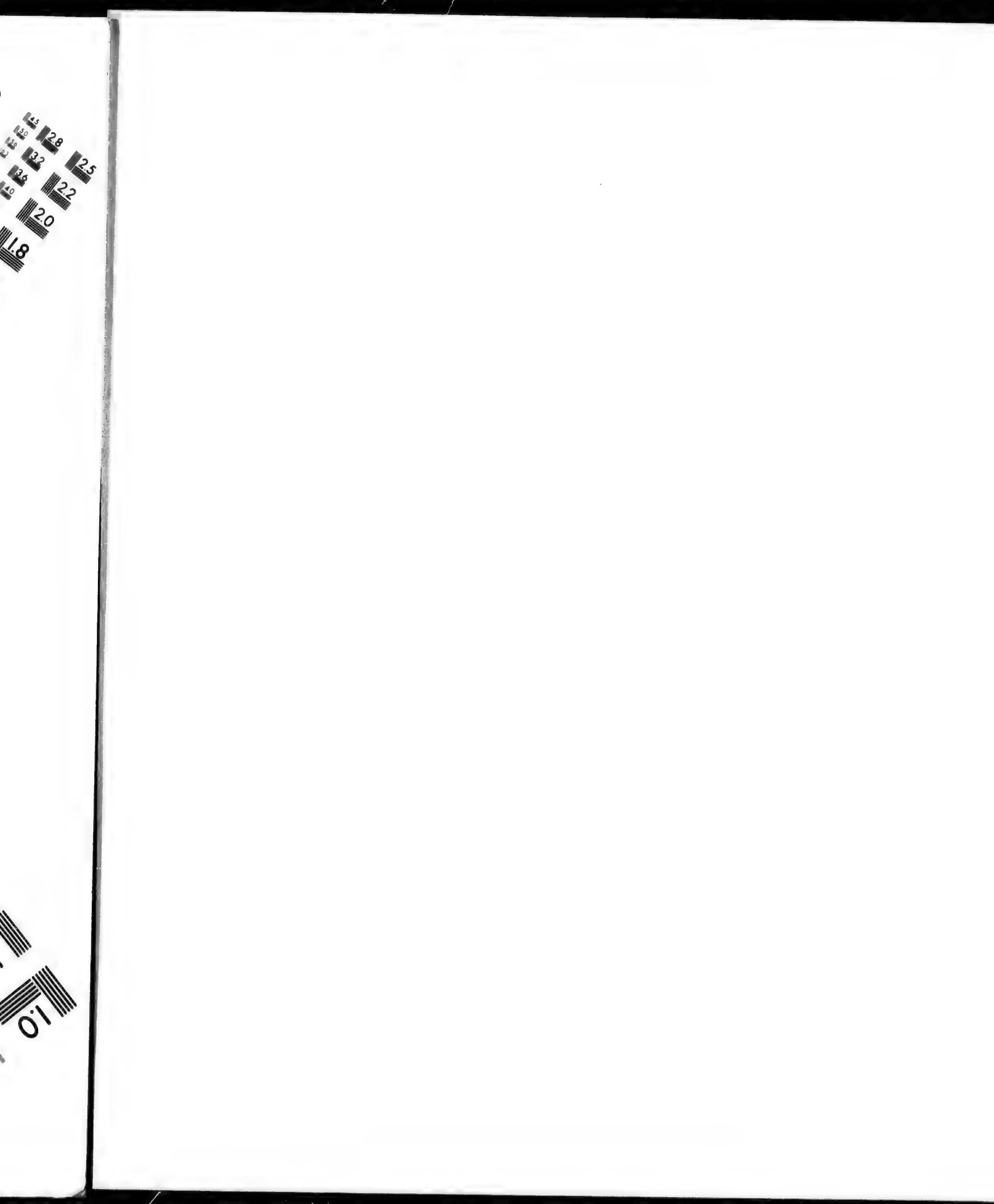


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)




4.5
2.8
5.0
3.2
2.5
3.6
2.2
4.0
2.0
1.8
1.0

magnétiques d'un aimant permanent ou d'un électro-aimant, de manière qu'il coupe les lignes de force, ce conducteur devient le siège d'une force électromotrice qui pousse l'électricité vers une de ses extrémités."

Le sens du courant peut être déterminé en disposant la main droite ainsi qu'il est montré dans la fig. 73, l'index ou second doigt étant dirigé vers le pôle sud, le pouce dans le sens du mouvement et le médium ou troisième doigt indiquant le courant.

On peut aussi se servir de la règle suivante :

Tracer un N sous le pôle nord (fig. 74) parallèlement à la direction des fils conducteurs, le sens du courant sera

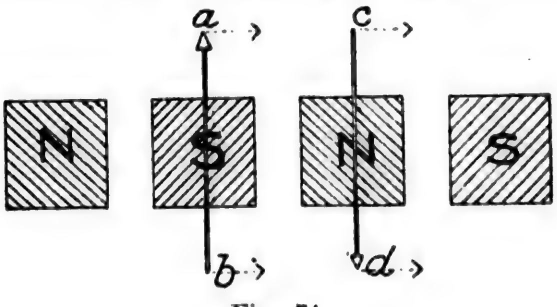


Fig. 74.

indiqué par la direction de la barre oblique de l'N. On voit que le conducteur allant de gauche à droite par rapport au pôle nord, la barre va en descendant et par suite le courant est de haut en bas. Au contraire lorsque le mouvement a lieu de droite à gauche, la barre va en montant, le courant est par suite dirigé de bas en haut.

Supposons un conducteur tournant dans un champ magnétique (fig. 75) ; on sait qu'il se produit entre les deux pôles N et S un flux magnétique et que les lignes de force

suivant lesquelles ce flux se produit sont supposées dirigées du pôle *N* vers le pôle *S*. Le conducteur tournant de manière à couper ces lignes de force, il se produira un courant dont il est facile de déterminer le sens. Admettons, par exemple, que le mouvement soit tel que la partie supérieure du conducteur vienne en avant ; en appliquant la première des règles précédemment données, on voit que la main devra être placée de haut en bas (sens des lignes de force), le pouce en avant (sens du mouvement) pour la partie supérieure du conducteur, le médium ou troisième doigt sera dirigé de gauche à droite (direction du courant indiqué par les flèches). Le courant communiqué au circuit extérieur à l'aide des deux bagues de contact (collecteurs) reliées aux extrémités du fil, sera dirigé suivant le sens des flèches ; il partira ainsi de la bague de gauche, parcourra le circuit extérieur, puis reviendra par la bague de droite. Lorsque le conducteur aura fait un demi-tour, en raisonnant de la même manière, on voit que le phénomène se produira en sens inverse ; le courant partant de la bague de droite, reviendra au contraire par la bague de gauche.

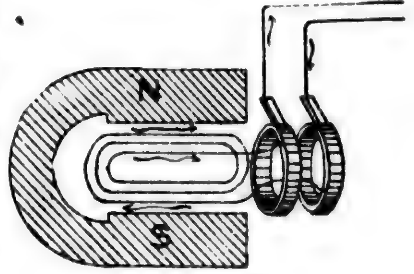


Fig. 75.

On obtient donc ainsi une série de courants dans le circuit extérieur suivant une direction pendant une demi-révolution du conducteur, puis une direction contraire pendant l'autre demi-révolution (courants alternatifs).

Pour redresser le courant, c'est-à-dire pour obtenir des

courants tous de même sens on fait usage d'un *commutateur*. Dans le cas présent (fig, 76) il se composera d'un cylindre divisé en deux parties suivant un diamètre, chacune de ces parties recevant une des extrémités du conducteur.

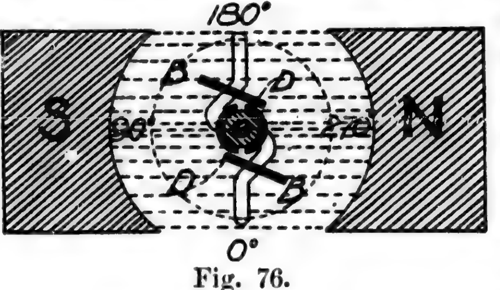


Fig. 76.

Pour recueillir les courants sur les deux moitiés du cylindre, il suffit de disposer deux frotteurs ou balais (B) auxquels on attachera les extrémités du circuit extérieur. Ces balais (brushes) devraient être placés suivant un diamètre correspondant aux points où le courant est nul, c'est-à-dire à angle droit avec les lignes de force. En pratique ils sont disposés un peu au delà suivant un diamètre DD appelé diamètre de commutation. On voit que, avec cette disposition, les courants traversant les balais sont toujours de même sens, le contact du balai et du demi-anneau cessant lorsque le courant dans ce demi-anneau change de sens ; mais, d'autre part, ces courants seront nuls quand le conducteur sera perpendiculaire aux lignes de force, et ils atteindront leur plus grande puissance quand le conducteur sera dirigé suivant ces lignes (courants redressés).

Si on ajoute un second conducteur placé à angle droit avec le premier, le courant produit dans l'un d'eux aura sa plus grande valeur lorsque le courant produit dans l'autre sera nul, le commutateur sera alors formé par un cylindre divisé en 4 parties suivant deux diamètres perpendiculaires. Le courant recueilli dans ce cas ne sera

pas encore uniforme, mais il ne sera jamais nul et les variations seront moindres. Si on ajoute un plus grand nombre de conducteurs avec une subdivision correspondante du commutateur, on obtiendra un courant dont les variations seront d'autant plus faibles, et qui, lorsque le nombre des conducteurs sera suffisamment grand, pourra être considéré comme continu (courants continus).

Construction des dynamos.—Les dynamos se composent de deux parties essentielles :

1o. Un inducteur destiné à produire le champ magnétique (field magnet) ; il est constitué par un système d'aimants (on emploie presque exclusivement des électro-aimants) formant un circuit magnétique discontinu ; les intervalles libres ou entrefers sont le siège des lignes de force.

2o. L'induit (armature) composé d'un ou de plusieurs circuits qui, coupant les lignes de force de l'entrefer, deviennent le siège de courants induits ; ces courants, envoyés dans le circuit extérieur, sont soit utilisés directement, soit d'abord transformés.

L'une de ces deux parties doit d'ailleurs être en mouvement par rapport à l'autre.

On peut diviser les machines dynamo-électriques en quatre grandes classes :

1o. Les machines à courant continu ; 2o. les machines à courants intermittents ; 3o. les machines à courants alternatifs simples ; 4o. les machines à courants alternatifs polyphasés.

Machines à courant continu.

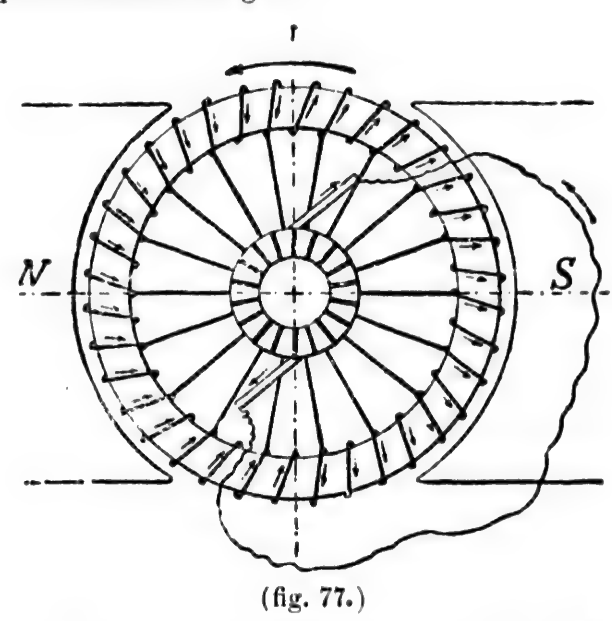
Dans ces machines l'inducteur est fixe et l'induit mobile. L'inducteur se compose d'une carcasse magnétique formée par les noyaux autour desquels s'enroule le fil inducteur, les culasses (yokes) qui relient les noyaux entre eux et les pièces polaires (pole pieces) qui entourent l'induit ou armature presque complètement. L'inducteur repose sur un socle (base plate) ; entre l'inducteur et le socle est placée une plaque de zinc (zinc field plate.)

L'induit est monté sur un arbre portant également le commutateur et la poulie recevant le mouvement, et reposant sur deux paliers (pillar block ou bearing).

Suivant la forme de l'induit on peut distinguer les machines à anneau (Ring armature), les machines à tambour (Drum armature), les machines à pôle (Pole armature) et les machines à disque (Disc armature). Les deux premiers types sont les seuls généralement employés. Il existe un grand nombre de machines à anneau et de machines à tambour. Comme exemple des premières on peut prendre la machine Gramme et comme exemple des secondes la machine Siemens.

L'induit ou armature Gramme se compose d'un anneau (core) formé soit d'un fil de fer doux, soit plus généralement de disques de tôle mince isolés les uns des autres par des feuilles de papier ou toute autre substance isolante. La division en fils ou en disques isolés a pour but d'empêcher la production des courants induits dans la masse de l'anneau (courants de Foucault ou Eddy currents). Sur l'anneau sont enroulées des spirales de cuivre isolé, ces spirales dans lesquelles se produisent les courants induits sont

divisées par groupes ou bobines reliés au commutateur ainsi que le montre la fig. 77.



(fig. 77.)

Armature en tambour (drum armature).—La figure 78 représente le noyau d'un induit type Siemens. Il se compose de disques de tôle isolés les uns des autres et enfilés sur un manchon en bronze ; ce manchon est placé sur l'arbre. Le mode d'enroulement est indiqué sur la figure.

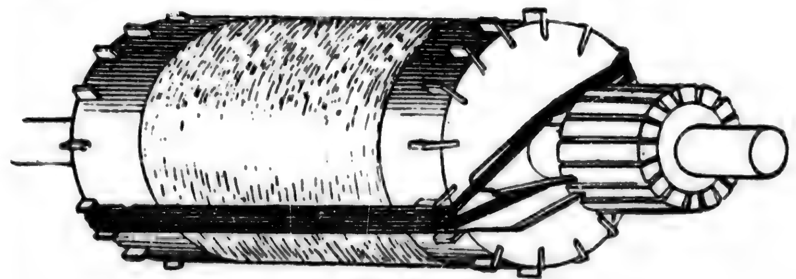


Fig. 78.

Il a été construit un grand nombre d'induits du même type, le principe restant d'ailleurs le même.

Excitation des inducteurs.—Pour produire le champ magnétique, on peut faire usage soit d'un aimant (machines magnéto-électriques), soit d'un électro-aimant (machines dynamo-électriques). Ces dernières seules sont employées dans l'industrie.

Le courant donnant naissance à l'électro-aimant peut provenir d'une source spéciale d'électricité (machines excitatrices, piles ou accumulateurs) : la machine est alors dite à *excitation indépendante ;* ou être emprunté à la machine elle-même qui, dans ce cas, est dite *auto-excitatrice.*

La fig. 79 représante le diagramme d'une machine à excitation indépendante (separately excited dynamo). L'excitatrice placée au bas de la figure produit le courant de l'inducteur. Ce mode d'excitation est surtout employé pour les machines à courants alternatifs, et quelquefois pour les machines de grandes dimensions et à haut potentiel.

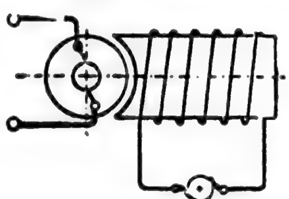


Fig. 79.

Dans les machines auto-excitatrices on distingue :

1o. *L'excitation en série* (series dynamo).—Dans ce cas (fig. 80) le courant total de la dynamo traverse l'inducteur. Avec ce genre d'excitation la machine ne s'amorce que lorsque la vitesse a atteint une certaine limite ou que la résistance extérieure n'est pas trop considérable. Un accroissement de résistance dans le circuit diminuant l'intensité

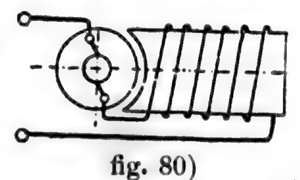


fig. 80)

du courant, diminue par suite l'intensité du champ magnétique et conséquemment la puissance de la machine ; une diminution de résistance produit l'effet inverse. Il est dangereux d'ouvrir brusquement un circuit alimenté par une machine en série. Une diminution dans le voltage peut amener un refoulement du courant produisant un renversement dans les pôles. On peut employer ces machines pour les éclairages à arc à courant constant (arcs en série).

2o. *L'excitation en dérivation* (shunt dynamo).—Une petite partie du courant seulement est dérivée pour produire le champ magnétique. Le circuit dérivé est représenté à droite (fig. 81) et les bornes, d'où part le circuit principal, à gauche. Avec ces machines on peut, dans de bonnes conditions, obtenir un potentiel pratiquement constant. Lorsque le voltage diminue, s'il y a refoulement du courant, les pôles ne sont pas renversés. Cette machine ne s'amorce au départ que si la résistance extérieure reste au-dessus d'une certaine limite ; en charge elle peut se désamorcer lorsque cette résistance baisse. On emploie pour la distribution un potentiel constant.

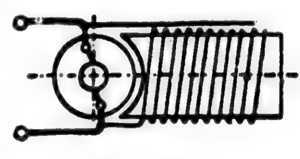


fig. 81)

On peut, sans danger, ouvrir brusquement le circuit extérieur, mais il serait dangereux de diminuer brusquement la résistance de ce circuit au-dessous d'une certaine limite.

3o. *L'excitation compound.*—C'est une combinaison de l'excitation en série et de l'excitation shunt. L'inducteur a un double circuit, l'un traversé par le courant principal,

l'autre par le courant dérivé. L'excitation peut être com-

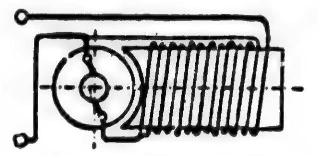


Fig. 82.

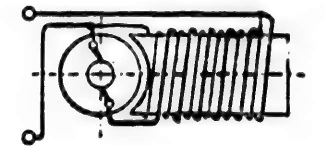


Fig. 83.

pound à courte dérivation (fig. 82) ou compound à longue dérivation (fig. 83).

Mise en marche et entretien d'une dynamo.—On doit employer, pour la commande d'une dynamo, des courroies larges et souples, modérément tendues, et d'épaisseur uniforme, de manière à éviter tout à-coup.

Les balais recueillant le courant sont montés sur des porte-balais pouvant tourner autour de l'axe de la machine ; leur pression peut être réglée à l'aide de ressorts : une pression trop forte occasionnne une destruction rapide, le manque de contact produit des étincelles. Ils n'occupent pas, pendant la marche, la position qu'ils devraient avoir en théorie : il faut les placer suivant une direction (calage) telle qu'ils ne donnent pas d'étincelles. Ils doivent être nettoyés de temps en temps avec de l'alcool, du pétrole ou de la benzine ; on ne doit les replacer que lorsqu'ils sont complètement secs. On peut les appliquer tangentiellement ou obliquement ; appliqués obliquement, ils durent plus longtemps. Pour s'assurer que leur contact est parfait, on peut, à l'aide d'une bougie, les éclairer en dessous. Les balais ne doivent jamais être enlevés pendant la marche ; on doit les relever quand la machine s'arrête.

Les porte-balais doivent être tenus très propres ; on vérifie souvent le serrage de leurs boulons.

Le commutateur ou collecteur peut se nettoyer pendant la marche en appuyant un chiffon sur sa surface, mais il faut agir avec prudence et ne se servir que d'une main afin d'éviter toute commotion Quand la dynamo reste longtemps sans fonctionner, les isolants qui se trouvent entre les lames du collecteur peuvent se gonfler par l'humidité et faire saillie ; il faut alors enlever le collecteur et le réparer. Le collecteur doit toujours être tenu propre, le nettoyage doit se faire au moins toutes les heures.

Le rhéostat sert à contrôler le voltage de la dynamo. Dans une dynamo compound il sert à faire varier la tension du courant ; il permet de remédier au changement de résistance intérieure qui se produit par suite de l'échauffement ; il est indispensable pour assurer constamment un voltage normal. Dans une dynamo en dérivation tout le réglage se fait au moyen de ce rhéostat qui devient inutile lorsque la dynamo est commandée par un moteur spécial muni d'un régulateur très sensible et réglable à la main ; c'est, dans ce cas, le régulateur qui permet de régler directement le voltage et de maintenir la vitesse constante.

Avoir soin de conserver la machine couverte lorsqu'elle ne marche pas.

Avant de mettre une dynamo en marche, il faut s'assurer :

1o. Que l'induit tourne librement sans points durs et que l'arbre peut prendre un léger mouvement suivant l'axe ;

2o. Que les balais sont bien assujettis ;

3o. Qu'aucune pièce où circule le courant n'est en contact métallique avec le bâti ;

4o. Que tous les interrupteurs principaux sont à la position d'arrêt ;

5o. Que les écrous, vis, bornes, etc, sont serrés à fond ;

6o. Que les paliers sont remplis d'huile et la courroie bien tendue.

Avant d'atteler la dynamo, on commence par la faire fonctionner à vide.

On vérifie, au moyen du voltmètre, que la tension est convenable et, au moyen de l'ampère-mètre, que l'intensité est normale ; on rectifie, s'il y a lieu, la position des balais jusqu'à ce qu'ils ne donnent plus d'étincelles. (Ne jamais tourner les balais en sens inverse du mouvement pour éviter de les rebrousser).

Si la dynamo alimente un réseau de lampes à arc en série, on intercale d'un coup toutes les lampes dans le circuit dès que la machine a atteint sa vitesse normale ; pour l'éclairage à incandescence, il est préférable d'agir progressivement.

Si, au moment de la mise en marche, la dynamo ne donne aucun courant (refus d'amorçage), cela peut tenir à ce que le magnétisme rémanent des inducteurs est trop faible ; il faut alors amorcer la machine en mettant les deux bornes en court-circuit par un fil métallique si la machine est en série ; si la machine est en dérivation, on interrompt le circuit extérieur, on donne à la machine sa vitesse normale, puis on rattache rapidement le circuit. Lorsque la machine est en dérivation, le refus d'amorçage est souvent dû à l'existence d'un court-circuit dans la canalisation extérieure ; la résistance extérieure étant ainsi diminuée, le courant dérivé de l'inducteur est trop faible. En plaçant une lampe à incandescence entre les bornes, on voit si le défaut est dans le circuit ou dans la dynamo. Le refus d'amorçage

peut également provenir du manque d'isolement des bornes, porte-balais, etc.

Renversement des pôles.—Il est dû à ce que, pour une cause accidentelle quelconque, le courant, dans les inducteurs, est changé de sens ; le pôle nord devient alors le pôle sud et réciproquement. Il faut prendre toutes les précautions pour éviter cet accident ; si, néanmoins, il se produit, il faut arrêter la dynamo et procéder à l'opération inverse de celle qui a amené l'accident : pour cela, on met à la borne positive du tableau de distribution l'extrémité du fil négatif du courant de retour et réciproquement ; on fait alors circuler dans l'inducteur un courant en sens inverse et la dynamo se désamorce. On remet ensuite en marche, et on fait passer plusieurs fois et quelques minutes chaque fois, le courant inverse, jusqu'à ce qu'il se manifeste un courant dans le circuit extérieur. Le voltage remonte et lorsque la dynamo a repris son état normal, on remet rapidement les fils à leurs bornes respectives et on rétablit ensuite la communication avec le circuit général.

Court-circuit.—Lorsque la dynamo s'échauffe fortement, bien que l'intensité donnée à l'ampère-mètre ne soit pas trop considérable, il faut craindre un court-circuit dans les bobines de l'induit. S'il se produit une odeur de roussi, il faut débrayer rapidement pour prévenir la destruction complète de la bobine. Il peut arriver que le court-circuit soit dû simplement à des poussières de cuivre mettant en communication les lamelles du conducteur ; on nettoie alors avec un chiffon enduit de vaseline. Si le court-circuit est à l'intérieur, il faut démonter la machine ; s'il est sur les fils, la machine doit être arrêtée.

Machines à courants alternatifs simples (alternateurs).

Dans ces machines, le sens du courant induit change à chaque instant.

On appelle *période*, le temps qui s'écoule entre les deux instants où le courant induit a le même sens et la même valeur ; on appelle *fréquence*, le nombre des changements de direction du courant, c'est-à-dire, le nombre de périodes par seconde ; ce nombre varie de 40 à 130 et au delà.

Les électro-aimants produisant le champ magnétique dans les alternateurs peuvent être excités par un courant continu ; ce courant peut provenir d'une dynamo séparée à courant continu, ou être fourni par la machine elle-même, une portion du courant de cette machine étant redressée au moyen d'un commutateur. On peut également employer l'excitation composée ; les électro-aimants portent alors deux enroulements, l'un alimenté par le courant continu provenant d'une excitation spéciale, l'autre provenant d'une partie du courant produit par la machine elle-même.

Dans les machines à courants alternatifs, on peut avoir soit l'induit, soit l'inducteur mobile. Lorsque l'inducteur est mobile, le courant est transmis à l'aide de deux balais frottant sur deux bagues montées sur l'arbre ; si au contraire l'induit est mobile, le courant est recueilli à l'aide de cette même disposition.

Machines à courants alternatifs polyphasés.

Dans les machines polyphasées, au lieu d'obtenir un courant unique comme dans les machines à courants alternatifs simples, on obtient soit deux (machines diphasées), soit trois

(machines triphasées) courants distincts, les périodes dans chacun de ces courants ne correspondant pas.

La fig. 84 représente le diagramme d'une machine à courants triphasés. Supposons l'induit fixe, et l'inducteur, formé par les pôles *N*, *S*, *N*, mobile. L'induit porte trois séries de bobines *A*, *B*, *C* ; la période, pour une bobine *A*, est égale au temps ou à l'espace de temps qui s'écoule entre le passage dans la même position de deux pôles successifs de même nom ; l'intervalle entre deux bobines *A* est d'ailleurs égal à l'intervalle entre deux pôles successifs de noms contraires, un *N* et un *S* ; l'enroulement sur ces bobines *A* est de plus en sens inverse d'une bobine à la bobine suivante. Il s'en suit que, un pôle *N* passant devant une bobine *A*, et un pôle *S* devant la bobine *A* suivante, les courants, dans ces deux bobines, seront de même sens à un instant donné et changeront de sens au même moment. On voit que, s'il n'y avait que des bobines *A*, on obtiendrait ainsi une machine à courants alternatifs ordinaire.

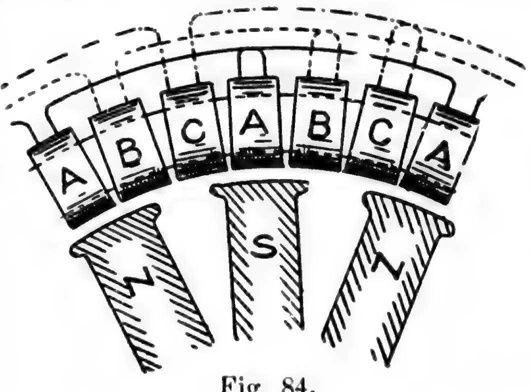


Fig. 84.

Ce qui vient d'être dit pour la bobine *A* peut se répéter pour les bobines *B* et *C*. Ces bobines ayant chacune leur circuit spécial, le résultat est celui qu'on obtiendrait avec trois dynamos différentes calées sur un même arbre. Mais

il résulte de la position des bobines que les courants ne sont pas de même intensité à un même instant dans les trois circuits ; au contraire, lorsqu'il est maximum en l'un d'eux le courant est moindre dans les autres.

Un des principaux avantages de ces machines est que, employées à la transmission d'une force motrice, elles permettent le démarrage des moteurs dans une position quelconque.

Les machines à courants alternatifs présentent plusieurs avantages : elles sont d'un maniement moins dangereux que les machines à courant continu à haute tension ; elles offrent généralement une plus grande sécurité de marche ; elles demandent moins de surveillance ; pas de réglage des balais.

Moteurs électriques.

Si on envoie un courant dans une dynamo, l'induit tourne ; cette propriété est connue sous le nom de *reversibilité des dynamos.* Les moteurs électriques ne sont que des dynamos dans lesquelles on envoie ainsi un courant.

Les moteurs électriques peuvent être soit à courant continu, soit à courants alternatifs.

Soins à donner aux moteurs.—Les soins à donner aux moteurs sont les mêmes que ceux indiqués pour les dynamos.

Il est bon de laisser marcher la machine à vide pendant un certain temps lorsqu'elle tourne pour la première fois ; on peut ainsi vérifier que l'armature ne frotte ni sur les pièces polaires ni sur les garnitures.

De plus les précautions suivantes devront être prises :

1° S'assurer que le moteur est bien isolé de la terre ;

2° S'assurer que l'interrupteur (head-board switch) est ouvert au tableau quand le moteur n'est pas en marche ;

3° Tenir les balais dans leur bonne position de manière à éviter les étincelles ;

4° Tenir le moteur et ce qui l'entoure dans le plus grand état de propreté ;

5° Ne pas faire produire au moteur un travail plus fort que celui qu'il doit produire normalement.

Pour mettre le moteur en marche, fermer l'interrupteur (head-board switch) après s'être assuré que la manette du régulateur est dans la position (arm off), puis amener la manette dans la position (arm on) ; placer les balais dans la position donnant le moins d'étincelles.

Pour arrêter, ouvrir l'interrupteur et ramener le régulateur dans la position (arm off). Il est préférable de maintenir les balais relevés quand le moteur est au repos ; il ne faut jamais les relever pendant que le courant passe.

Les moteurs à courants alternatifs peuvent être :

1o. A *champ constant :* ils sont alors identiques aux dynamos à courants alternatifs et ne peuvent marcher qu'avec une vitesse qui dépend de la dynamo génératrice (moteurs synchrones) ; dès que l'accord cesse, ce qui se produit lorsque le moteur a à vaincre une résistance supérieure à une certaine limite, le moteur s'arrête ; il est bon par suite de munir ces machines d'un débrayeur automatique.

2o. A *champ tournant :* le champ tournant est produit par le passage de deux courants alternatifs, les périodes de

l'un étant d'environ $\frac{1}{3}$ en avance sur celles de l'autre ; cette différence de périodes peut être obtenue de différentes manières.

3o. *Polyphasés :* ils peuvent marcher à une vitesse quelconque, n'ont pas de points morts et permettent un démarrage facile.

Transformateurs (transformers).

Ces appareils ont pour objet de transformer un courant à haute tension en courant à tension convenable tel qu'il puisse être employé soit à l'éclairage, soit pour actionner les moteurs.

De même que, si on dispose d'une chute d'eau H avec un débit P en poids, on peut, à l'aide de machines (pompes et turbines), transformer le travail $P \times H$ en un travail théoriquement égal $P^1 \times H^1$, le poids d'eau P^1 étant plus petit que P, mais la hauteur H^1 à laquelle l'eau est élevée étant plus grande que H, on pourra, à l'aide d'un transformateur, transformer un courant d'une intensité I avec une force électromotrice E en un courant d'intensité I^1 et de force électromotrice E^1, le nombre de watts $E \times I$ étant théoriquement égal au nombre de watts $E^1 \times I^1$.

En pratique le nombre de watts, dans le second cas, est toujours inférieur à celui du premier.

On peut diviser les transformateurs en deux catégories

1o. Les transformateurs à courants alternatifs ;

2o. Les transformateurs tournants ou transformateurs moteurs.

Les transformateurs à courants alternatifs n'ont aucune pièce mobile ; ils comprennent deux circuits, l'un (circuit primaire) dans lequel passe le courant alternatif à haute tension, l'autre (circuit secondaire) dans lequel se produisent les courants induits dus aux variations de champ produites par le circuit primaire ; le rendement de ces transformateurs atteint 90 et même 98, et descend à 80 pour cent.

Les transformateurs tournants se composent d'une dynamo réceptrice jouant le rôle de moteur et recevant le courant à haute tension, cette dynamo actionnant une seconde dynamo ou dynamo génératrice construite de telle sorte qu'elle produise un courant ayant la tension voulue.

Accumulateurs (Storage Batteries).

Les accumulateurs se composent, en principe, de lames de plomb baignant dans l'acide sulfurique étendu d'eau. Si on réunit une des lames de plomb au pôle positif et l'autre au pôle négatif, sous l'influence d'un courant continu la lame correspondant au pôle positif se recouvre de peroxyde de plomb (plomb et oxygène) ; si on interrompt le courant et qu'on réunisse les deux lames par un fil, l'appareil rendra une partie du courant qui l'avait traversé, le peroxyde de plomb se réduisant.

Un accumulateur doit, avant d'être utilisable, être chargé ou déchargé un certain nombre de fois.

L'accumulateur se compose d'un réservoir contenant un nombre impair de plaques, alternativement positives et négatives, les plaques extrêmes étant négatives.

Les plaques de même nom sont reliées par une barre ; la barre unissant les plaques positives constitue le pôle

positif et la barre unissant les plaques négatives, le pôle négatif.

Les accumulateurs constituant une batterie peuvent être assemblés soit en reliant le pôle positif de l'un au pôle négatif de l'autre, etc., les pôles libres extrêmes formant les pôles de la batterie (en série), soit en unissant respectivement tous les pôles positifs et tous les pôles négatifs (en quantité).

On peut d'ailleurs charger les accumulateurs en quantité et les décharger en série, et réciproquement.

Lorsqu'on charge un des accumulateurs, il faut envoyer un courant dont l'intensité est indiquée par le constructeur, la tension étant égale au produit du nombre des éléments réunis en série, multiplié par 2 volts 5. On règle l'intensité des courants à l'aide de rhéostats. On reconnaît que la charge est complète lorsqu'on voit de grosses bulles monter à la surface du liquide et que les plaques positives deviennent brun foncé.

Il est bon que le courant de charge ne dépasse pas $\frac{1}{4}$ d'ampère par lb. d'accumulateur pour les grands modèles et 1 à $1\frac{1}{2}$ pour les petits. Pour trouver la durée de la charge en secondes, diviser la capacité de l'accumulateur en coulombs par l'intensité du courant de charge en ampères.

On peut compter sur une capacité moyenne de 4 à 5 ampères-heures par lb. de plaque.

Pour la décharge, la différence de potentiel au début est au bord de chaque élément de 2 volts 5 à 2 volts 2 ; elle descend à 1 volt 8, il faut alors arrêter.

Pour avoir un bon rendement des accumulateurs il ne

faut pas dépasser un débit de $\frac{1}{2}$ ampère par lb. de plaque. Pour un débit rapide on peut aller jusqu'à 2 et 3 ampères. Les couples à lames de plomb minces sont, à ce point de vue, les plus puissants.

La capacité d'emmagasinement augmente au contraire avec les dimensions et varie entre 6,000 et 12,000 livres pieds d'énergie par livre de poids total, soit 150 à 350 lbs d'accumulateur par cheval-heure.

Eclairage à incandescence.

Il est assez difficile de donner une règle absolue pour déterminer le nombre de lampes nécessaires à l'éclairage d'un espace déterminé. On peut se guider sur les chiffres suivants :

Un éclairage moyen peut être obtenu à l'aide de lampes de 8, 16 ou 20 bougies, en prenant comme nombre total de bougies (candles) le nombre de pieds cubes de la chambre divisé par 70.

Un éclairage brillant est obtenu en plaçant une lampe de 16 bougies par 8 à 900 pieds cubes de local ou une lampe de 20 bougies par 1000 pieds cubes, ce qui donne en moyenne 0.02 par pied cube du volume du local.

On peut aussi, pour un éclairage moyen, prendre $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$ de bougie par pied carré de surface. Crompton adopte 1 lampe de 16 bougies (candles) suspendue à $8'$ de hauteur pour une aire de $8'$ de diamètre, ce qui donne $\frac{3}{10}$ par pied. On prend aussi quelquefois, comme règle, une lampe de 16 bougies à $7'$ de hauteur par $100'$ de surface ($\frac{16}{100}$ de bougie par pied), On peut prendre 3 lampes suspendues au centre

des pièces pour 1 ou 2 fixées après les murs dans l'éclairage des chambres, suivant que les murs sont de teintes moyennement foncées ou claires.

Le tableau suivant indique, pour un éclairage ordinaire, le nombre de lampes à employer suivant les dimensions des pièces.

Dimensions des pièces en pieds.	Hauteur des pièces en pieds.	Hauteur des lampes.	Nombre de lampes de 8 à 10 bougies.	Nombre de lampes de 16 bougies.	Nombre de lampes de 20 bougies.
15′ × 15′	12′	7′	2 ou 3	....	2
18 × 18	15	8	5 ou 6	4 ou 5	3 ou 4
25 × 25	18	9	9 à 12	7 à 9	6 à 9
32 × 32	23	10	16 20	12 15	10 13
40 × 40	32	12	25 30	18 22	16 19
50 × 50	42	14	40 45	30 34	26 30
60 × 60	47	17	60 70	45 50	40 45
70 × 70	52	20	100 120	75 90	65 80

Pour un théâtre on peut admettre :

Pour la salle, 15 bougies par mille pieds cubes du volume à éclairer (salle et scène.)

Pour autres renseignements voir tableau page 295.

Dans un projet d'installation on peut compter sur une dépense de 3 Watts 5 par bougie, soit :

28	Watts	pour	une	lampe de	8	bougies.
35	"	"	"	"	10	"
56	"	"	"	"	16	"
70	"	"	"	"	20	"
112	"	"	"	"	32	"

Un cheval électrique (746 Watts) dans les lampes peut donner 200 à 210 bougies (candles). Un cheval mécanique (compté sur l'arbre du moteur actionnant la dynamo) peut fournir 10 lampes de 16 bougies ou 20 lampes de 8 bougies.

Le nombre de volts nécessaires pour chaque type de lampes est donné par les fabricants.

Pour trouver l'intensité en ampères connaissant le nombre de bougies et le nombre de volts, multiplier le nombre de bougies par 3.5, pour obtenir le nombre de Watts ; ce nombre, divisé par le nombre de volts, donne l'intensité en ampères que doit avoir le courant.

Exemple.—Quelle sera l'intensité en ampères nécessaire pour une lampe de 50 bougies (candles), le nombre de volts étant de 80 ?

$$50 \times 3.5 = 175 \text{ Watts.}$$
$$175 \div 80 = 2.2 \text{ Ampères.}$$

On pourrait, de même, déterminer le nombre de volts, connaissant l'intensité du courant, en multipliant le nombre de bougies par 3.5 et en divisant le produit par le nombre d'ampères. Lorsque le nombre d'ampères est inférieur à 1, il est bon de compter 4 Watts par bougie.

Eclairage à arc.

Les données ci-après permettent de déterminer le nombre de lampes à arc de 1000 à 1500 bougies (candles) nécessaires pour obtenir un éclairage suffisant :

Machines-outils,	1 foyer pour	5000 pds. carr.
Tissage, filature, imprimerie,	1 " "	2000 pds. carr.
Quai de manutention, atelier de moulage,	1 " "	20,000 pds. carr.

Travaux publics, 1 foyer de 4000 à 5000 bougies pour un rayon de 300 pieds.

Une lampe de 800 bougies peut éclairer 12 à 15,000 pieds carrés de places publiques, et 5 à 6000 pieds carrés de halles ou de gares.

Une lampe de 500 bougies suffit pour éclairer, dans un atelier, 1500 pieds carrés.

Une lampe à arc exige 50 à 60 volts entre les charbons, l'intensité des courants varie de 3 ou 4 jusqu'à 100 et 200 ampères.

COMPARAISON DES UNITÉS D'ÉCLAIREMENT.

	Unité internationale.	Carcels.	Bougies Françaises.	Candles.	Bougies Allemandes.
1 Unité int. (violle) vaut	1	2.080	13.520	15.392	15.808
1 Carcel "	0.484	1	6.500	7.400	7.600
1 Bougie Française "	0.074	0.154	1	1.139	1.169
1 Boug. Ang. (candle) "	0.065	0.135	0.879	1	1.027
1 Boug. Allem. (Kerze) "	0.063	0.132	0.855	0.974	1

TABLEAU donnant quelques renseignements sur l'éclairage des lieux publics (l'électricité industrielle Monnier).

	Dimensions en plan.	Dimensions en volume.	Nombre total de bougies.	Nombre de bougies.	
				Par pied carré.	Par pied cube.
Hôtel-de-Ville de Paris	Pds. carr.	Pds. cubes.			
Salle des fêtes	13940	847300	18720	1.33	0.022
Salle à manger	3230	86870	4320	1.33	0.05
Salon de verdure	1770	47674	720	0.4	0.015
Grand salon	5380	141300	7560	1.42	0.053
Galerie latérale	2690	127100	3600	1.30	0.016
Salon réservé	2150	47674	720	0.4	0.015
Opéra (soirées de bal).					
Foyer	7233	261000	6000	0.83	0.023
Salle	4305	388460	11140	2.59	0.034
Scène	5905	282516	4720	0.83	0.017
Théâtres.					
Odéon	3767	197760	2470	0.65	0.012
Gaieté	2691	169500	2360	0.87	0.015
Comédie Française	2583	123600	2340	0.91	0.019
Palais-Royal	969	35310	1900	1.97	0.053
Porte St-Martin	2153	114770	3200	1.54	0.028
Renaissance	1033	49440	1970	1.91	0.039

RÉSISTANCE DES FILS DE CUIVRE.—(*Cuivre pur.*)

Numéro.	Jauge de Birmingham.				Jauge américaine.				
	Diamètre en pouce.	Diamètre en millimètres.	Résistance en ohms par 1000′	Longueur en pieds par lb. de fil.	Diamètre en pouce.	Diamètre en millimètres.	Résistance en ohms par 1000′	Intensité maxim. du courant ou Ampères	Poids de 1000′ de fil isolé.
0000	0.454	11.350	0.050	1.61	0.4600	11.500	0.04906	300	
000	.425	10.625	.057	1.82	.4096	10.240	.06186	240	
00	.380	9.500	.071	2.24	.3648	9.120	.07801	190	458
0	.340	8.500	.092	2,85	.3249	8.122	.09831	150	356
1	.300	7.500	.104	3.67	.2893	7.232	.12404	120	299
2	.284	7.100	.128	4.09	.2576	6.440	.1564	95	243
3	.259	6.475	.154	4.92	.2294	5.735	.19723	75	203
4	.238	5.950	.182	5.83	.2043	5.107	.24869	60	168
5	.220	5.500	.214	6.83	.1819	4.547	.31361	50	118
6	.203	5.075	.251	8.02	.1620	4.050	.39546	37	107
7	.180	4.500	.319	10.20	.1443	3.607	.49871	30	83
8	.165	4.125	.380	12.14	.1285	3.212	.62881	25	70
9	.148	3.700	.472	15.10	.1144	2.860	.79281	19	56
10	.134	3.350	.576	18.44	.1019	2.547	1.	15	47¼
11	.120	3.000	.718	22.95	.0907	2.217	1.2607	12	39¼
12	.109	2.725	.871	27.82	.0808	2.020	1.5898	9	33¾
13	.095	2.375	1.159	36.63	.0720	1.829			
14	.083	2.075	1.502	47.98	.0641	1.610	2.5908	6	24

CHAPITRE VII.

VENTILATION ET CHAUFFAGE.

Ventilation.

L'air est un mélange d'environ $\frac{1}{5}$ d'un gaz actif appelé oxygène et $\frac{4}{5}$ d'un gaz inerte appelé azote.

La respiration des hommes et des animaux transforme l'oxygène en un gaz plus lourd appelé acide carbonique ; il en est de même pour les foyers et les becs de gaz, lampes, etc. Toutes les fois qu'il y a combustion, cette transformation se produit.

L'air contient aussi de la vapeur d'eau qui est nécessaire à la respiration (l'instrument servant à indiquer le degré d'humidité s'appelle hygromètre et doit marquer environ 50°) ; de plus, on y trouve en quantités variables, des gaz différant de nature suivant les circonstances.

La ventilation a pour objet de maintenir, dans les locaux, l'air aussi pur que possible, en enlevant les gaz qui le rendent impropre à la respiration. Pour cela, on peut soit aspirer l'air des locaux, ce qui produit un appel de l'air extérieur (ventilation par aspiration), soit prendre l'air extérieur et le refouler (ventilation par refoulement).

Le mouvement de l'air peut être produit naturellement (fenêtres), au moyen d'une cheminée (cheminée d'appel),

ou, enfin, mécaniquement (ventilateurs à force centrifuge, fans, etc).

La quantité d'acide carbonique que contient l'air, varie de 0.0004 à 0.0006 ; la limite extrême est 0.0020.

En une heure, un homme produit environ 2 oz. de vapeur d'eau et 4½ galls d'acide carbonique (½ oz. de vapeur d'eau suffit pour saturer, à la température ordinaire, 35 pieds cubes d'air.)

La température doit être maintenue entre 63 et 70° F.

D'après le général Morin, les quantités d'air pur nécessaires par tête et par heure sont :

Hôpitaux (maladies ordinaires)	2470 à 3500	pds c.
" " épidémiques	5300	"
Prisons	1760	"
Usines	2120	"
Etablissements insalubres	3530	"
Casernes (la nuit)	1450 à 1750	"
Théâtres et salles de réunion	1760	"
Ecoles	500 à 1000	"
Ecoles d'adultes (le soir)	1250	"
Ecuries	2100 à 3500	"
Chambres ordinaires	500 à 700	"

En cas de bonne ventilation on peut négliger la quantité d'air nécessaire à l'éclairage qui, d'ailleurs, peut être prise comme suit par flamme et par heure :

Gaz (dépense 3½ pds c.)	900	pds c. d'air
Bougie	210	"
Chandelle de suif (dépense 3½ oz.)	59	"
Lampe	850	"

La ventilation varie avec la température et le tirage ; pour que le courant n'incommode pas, le mouvement de l'air ne doit pas dépasser, comme vitesse, 3 pds par seconde.

Il est préférable de ventiler par insufflation ; l'air arrivant avec une vitesse de 20 à 30 pieds par seconde est lancé horizontalement et évacué par d'autres orifices placés en bas si l'arrivée se fait par le haut et réciproquement. Un cheval-vapeur suffit pour introduire en 1 heure 350,000 à 650,000 pieds cubes d'air. Dans les ateliers, on se contente de renouveler l'air complètement 2 ou 3 fois par heure.

Chauffage.

Pour maintenir une température constante, il faut, 1° remplacer la chaleur perdue par la transmission à travers les murs, fenêtres, etc. ; 2° remplacer la chaleur emportée par l'air nécessaire à la ventilation.

1o. *Chaleur perdue par transmission* —En appelant Q le nombre d'unités thermiques perdues par heure, S, la surface en pieds carrés à travers laquelle se fait la transmission, K, un coefficient variable, t, la température que l'on veut maintenir, t^1, la température extérieure, on a :

$$Q = S \times K (t - t^1).$$

On peut prendre pour K, les valeurs suivantes :

Mur en brique.	4″ K = 0.68 ;	16″ K = 0.26 ;	28″ K = 0.174
	8″ K = 0.46 ;	20″ K = 0.23 ;	32″ K = 0.15
	12″ K = 0.32 ;	24″ K = 0.20 ;	36″ K = 0.129.

Plancher en bois	$K=$ 0.083
Plafond en bois	$K=$ 0.104
Plancher à l'épreuve du feu	$K=$ 0.124
Plafond "	$K=$ 0.145
Fenêtre simple	$K=$ 0.776
" double	$K=$ 0.518
Porte	$K=$ 0.414

Ces coefficients doivent être augmentés comme suit :

10°/o pour exposition au nord lorsqu'il faut tenir compte du vent ;

10°/o lorsqu'on ne chauffe que le jour, le bâtiment n'étant pas exposé ;

30°/o lorsqu'on ne chauffe que le jour, le bâtiment étant exposé ;

50°/o lorsqu'on ne chauffe que d'une façon intermittente pendant l'hiver, les intervalles de non chauffage étant assez longs.

2o. *Chaleur emportée par l'air nécessaire à la ventilation.* – Un pied cube d'air à 0°, pour être chauffé de 1°, demande environ 0.02 U. T. ; la chaleur à fournir sera par suite, en appelant V le volume d'air nécessaire par heure,

$$Q' = 0.02 \times V(t - t^1)$$

La quantité totale de chaleur sera égale à $Q + Q'$; cette quantité de chaleur doit être fournie par les radiateurs.

La quantité de chaleur transmise par pied carré du radiateur peut être prise dans le tableau ci-après :

	Vapeur.	Eau.
Plan vertical uni	406	200
" avec env. 80°/o d'ondul.	170	85
Tuyau vertical uni	480	240
" avec 67°/o d'ondulations.	221	110
Tuyau horizontal uni	369	185
" avec 67°/o d'ondulations.	185	90

Lorsqu'on emploie la vapeur d'échappement, les chiffres ci-dessus doivent être réduits en proportion de la température.

La surface des radiateurs s'obtiendra en divisant la quantité totale de chaleur à fournir par la quantité de chaleur transmise par unité de surface du radiateur.

La chaudière peut être calculée en divisant le nombre d'unités thermiques à fournir par le nombre d'unités thermiques que fournit un pied carré de surface de chauffe. Pour le chauffage à la vapeur on peut prendre environ 1 pied carré de surface de chauffe par 7 à 10 pieds de surface de radiateur.

Chaque cheval-vapeur de chaudière peut suffire pour 250 à 350 pieds courants de tuyaux de 1″ ou 80 à 120 pieds carrés de surface.

Pour calculer la surface de radiation en pieds carrés (chauffage à vapeur) on emploie aussi la règle suivante :

Ajouter à la surface des fenêtres en pieds carrés, le volume en pieds cubes de l'air à renouveler par minute et $\frac{1}{20}$ de la surface extérieure des murs et planchers ; multiplier cette somme par la différence entre la température nécessaire et la température extérieure la plus basse, et diviser le produit par la différence entre la température des tuyaux et celle de la chambre.

Pour le chauffage à l'eau chaude dans les habitations, en pratique, on calcule le volume des pièces en pieds cubes, puis par 100 pieds cubes ainsi trouvés, on prend :

10′ de tuyaux de 1″ pour très mauvaise exposition, portes donnant à l'extérieur ;—Salles de bain ;
6 à 7′ " " pour conditions moyennes ;
5′ " " dans les meilleures conditions.

Pour la vapeur on prend 2 pieds en moins.

CHAPITRE VIII.

Machines-outils.

Métaux.

Tour (Lathe). — La vitesse moyenne par minute de la pièce à tourner est très variable suivant le métal et suivant la nature du travail. On peut prendre les données ci-dessous :

Pour l'acier	10 pds.	Pour la fonte tendre	15 pds.
" le fer forgé	22 "	" le laiton ou bronze	30 "

Pour le cuivre 100 pieds.

Tour a fileter (screw cutting lathe). — Les filets peuvent être triangulaires ou carrés. Le pas se mesure de deux manières, soit en donnant la distance entre deux filets (filets au pas) soit en donnant le nombre de filets contenus dans un pouce (filets au pouce).

Généralement on compte en filets au pas toutes les fois que le pas est au-dessus de $\frac{1}{2}$ pouce ou que le nombre de filets ne peut être contenu exactement dans un pouce.

Le pas pour les filets triangulaires se mesure à la racine. Dans le système Whitworth, l'angle des filets est de 55° ; dans le système Seller la section du filet est un triangle équilatéral tronqué au sommet par une ligne droite menée à $\frac{1}{8}$ de la hauteur, il en est de même des creux ; l'angle est de 60°.

Pour les filets carrés, la largeur est égale à la profondeur. Pour les filets simples la largeur est égale à la moitié du pas ; elle est égale à $\frac{1}{4}$ du pas pour les filets doubles, à $\frac{1}{6}$ pour filets triples.

Calcul des roues à employer pour couper un filet donné.

On appelle nombre proportionnel le rapport entre le nombre de révolutions du mandrin et le nombre de révolutions de la vis motrice.

Pour trouver le nombre proportionnel on peut, suivant le cas, appliquer une des règles suivantes :

1o. *Filets au pouce.* — Diviser le nombre de filets au pouce de la vis à couper par le nombre de filets au pouce de la vis motrice ;

2o. *Filets au pas.*—Diviser le pas de la vis motrice par le pas de la vis à couper ; dans ce cas, il faut exprimer les pas en mêmes fractions de pouce, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, etc.

Tour à engrenage simple (single geared lathe). — Il n'y a à considérer dans ce cas que la roue sur le mandrin et la roue sur la vis (feed screw), la roue intermédiaire est sans influence.

En appelant N le nombre de dents de la roue de la vis motrice, n, le nombre de dents de la roue du mandrin, F, le nombre de filets au pouce de la vis motrice, f, le nombre de filets au pouce de la vis à couper, P, le pas de la vis motrice, p, le pas de la vis à couper, on a :

$$\frac{N}{n} = \frac{f}{F} = \frac{P}{p} = \text{nombre proportionnel.}$$

De là on tire la règle suivante :

Pour trouver le nombre de dents que doit avoir la roue de la vis motrice, connaissant le nombre de dents de la roue du mandrin, multiplier le nombre de dents de la roue du mandrin par le nombre proportionnel.

Exemples : I. *Filets au pouce.* —1° Mandrin 32 dents, vis motrice 4 filets au pouce, vis à couper 9 filets au pouce.

Le nombre proportionnel sera $\frac{9}{4}$ et le nombre de dents sur la roue de la vis motrice $\frac{9}{4} \times 32 = 72$.

2o. Mandrin 40 dents, vis motrice 2 filets au pouce, filets à couper $5\frac{1}{4}$ au pouce.

Le nombre proportionnel est $5\frac{1}{4}$ ou $\frac{21}{4}$ divisé par 2 = $\frac{21}{8}$. Le nombre de dents de la roue sur la vis motrice sera :

$$\frac{21}{8} \times 40 = 105.$$

Réciproquement, si on connaît le nombre de dents sur la roue de la vis motrice, pour trouver le nombre de dents sur la roue du mandrin, il faudra diviser le nombre de dents sur la roue de la vis motrice par le nombre proportionnel. (On sait que pour diviser par une fraction, il faut multiplier la quantité à diviser par la fraction renversée.)

Exemple : Roue de la vis motrice 72, vis motrice 4 filets au pouce, filets à couper 9 au pouce.

Nombre proportionnel = $\frac{9}{4}$; divisant 72 par $\frac{9}{4}$ on a $72 \div \frac{9}{4} = 72 \times \frac{4}{9} = 32$.

II. *Filets au pas.* —1° Mandrin 48 dents, pas des filets à couper $\frac{3}{8}$, vis motrice 4 filets au pouce.

4 filets au pouce sur la vis motrice donnent un pas de $\frac{1}{4}$ de pouce qui, exprimé en $\frac{1}{8}$ comme le pas de la vis à couper, donne $\frac{2}{8}$; divisant le pas de la vis motrice 2 par le pas de la vis à couper 3, on trouve comme nombre proportionnel $\frac{2}{3}$ qui, multiplié par le nombre de dents de la roue du mandrin 48, donne $\frac{2}{3} \times 48 = 32$ dents pour la roue de la vis motrice.

Si on ne connait aucune des roues, il faut disposer le nombre proportionnel sous forme de fraction et multiplier les deux termes par un même nombre, le numérateur (chiffre placé au-dessus) donne le nombre de dents de la roue du mandrin, et le dénominateur, le nombre de dents de la roue de la vis. Le nombre par lequel on multiplie sera choisi de telle sorte que l'on ait à sa disposition des roues ayant les nombres de dents trouvés.

Tour à engrenages composés (compound or double geared). —La roue du mandrin conduit une deuxième roue contre laquelle est fixée sur le même arbre (stud) une troisième roue faisant un même nombre de révolutions que la deuxième et conduisant la roue de la vis motrice. La première et la troisième roues sont les roues conductrices (driving wheels) et la deuxième et la quatrième sont les roues conduites (driven wheels).

Souvent, dans ce cas, la roue du mandrin est fixe, les trois autres seules sont changeables.

En appelant n le nombre de dents de la roue du mandrin, N^1 le nombre de dents de la 2e roue (roue conduite) n^1 le nombre de dents de la 3e roue (roue conductrice) N, le nombre de dents de la roue conduisant la vis, F, le nombre de filets au pouce de la vis motrice, f, le nombre

de filets au pouce de la vis à couper, P, le pas de la vis motrice, et p le pas de la vis à couper, on a :

$$\frac{N^1 \times N}{n \times n^1} = \frac{f}{F} = \frac{P}{p} = \text{nombre proportionnel ;}$$

de là on tire : $$N = \frac{n \times n^1 \times f}{N^1 \times F} = \frac{n \times n^1 \times P}{N^1 \times p}$$

Règle.—Pour trouver le nombre de dents de la roue de la vis motrice, connaissant le nombre de dents des autres roues, chercher le nombre proportionnel et le multiplier par le nombre de dents de la roue du mandrin, puis par le nombre de dents de la 3e roue, et diviser le résultat par le nombre de dents de la 2e roue.

Exemples : 1° Nombre de filets au pouce de la vis à couper $f = 20$, nombre de filets au pouce de la vis motrice $F = 2$, roue du mandrin $n = 40$, 2e roue $N^1 = 50$, 3e roue $n^1 = 15$.

Divisant 20 par 2 on a pour nombre proportionnel 10 qui, multiplié par 40, puis par 15, donne 6000 ; divisant 6000 par 50 on a 120 comme nombre de dents de la roue de la vis motrice.

2o. Pas de la vis à couper $p = \frac{3}{32}$, pas de la vis motrice $P = \frac{1}{2}$, roue du mandrin $n = 40$, 2e roue $N^1 = 50$, 3e roue $n^1 = 15$.

$\frac{1}{2}$ pouce $= \frac{16}{32}$; divisant le pas de la vis motrice $\frac{16}{32}$ par le pas de la vis à couper $\frac{3}{32}$ on obtient comme nombre proportionnel 16/3 ; multipliant 16/3 par 40, puis par 15, on trouve 3200 qui, divisé par 50, donne 64 dents pour la roue de la vis motrice.

Si on connait le nombre de dents de la roue du mandrin et de la 3e roue (driving wheels) pour trouver le nombre de dents de la 2e et de la roue de la vis motrice (driven wheels), on procède comme il suit :

On cherche le nombre proportionnel que l'on multiplie par le nombre de dents de la roue du mandrin, puis par le nombre de dents de la 3e roue ; le résultat représente le produit du nombre de dents de la 2e roue par le nombre de dents de la roue de la vis ; prenant pour premier de ces deux nombres un nombre qui divise exactement le produit trouvé, le quotient obtenu en divisant le produit par ce nombre sera le nombre de dents de la roue de la vis.

Exemple : Nombre de filets au pouce sur la vis motrice 2, sur la vis à couper, 20, nombre de dents de la roue du mandrin, 40, de la 3e roue 15.

Divisant 20 par 2 on trouve 10 comme nombre proportionnel ; multipliant 10 par 40 puis par 15, on obtient 6000 ; le nombre 6000 peut être divisé exactement par 50 le quotient est 120 ; on pourra prendre 50 dents pour la 2e roue et 120 pour la roue de la vis ; on pourrait de même prendre 60 et 100.

Si aucune des roues n'est donnée, on procède comme il suit :

Supposons qu'on ait à couper des filets de 20 au pouce, la vis motrice ayant 2 filets au pouce. On cherche le nombre proportionnel qui est 10 ; on prend ensuite deux nombres dont le produit est 10 ; par exemple 2 et 5. Le nombre de dents de la 2e roue devra alors être égal au nombre de dents de la roue du mandrin multiplié par 2 et le nombre de dents de la roue de la vis égal à celui de la 3e roue multi-

plié par 5. Si on prend, par exemple, 20 dents pour la roue du mandrin, on aura pour la 2e roue $20 \times 2 = 40$ dents ; puis, si on prend 15 pour la 3e roue, la roue de la vis aura $15 \times 5 = 75$ dents.

On a en effet $\dfrac{40 \times 75}{20 \times 15} = \dfrac{f}{F} = \dfrac{20}{2} = 10$

Si on donne le filet au pas, on cherche le nombre proportionnel puis on procède comme il vient d'être dit.

Exemple : Vis motrice pas $\frac{9}{16}$, vis à couper $\frac{3}{32}$.

Le nombre proportionnel est $\frac{9}{16}$ ou $\frac{18}{32}$ divisé par $\frac{3}{32}$, soit $\frac{18}{32} \times \frac{32}{3} = \frac{18}{3} = 6$.

On devra prendre 2 nombres dont le produit est 6, soit 2 et 3 ; ayant par exemple 20 dents pour la roue du mandrin, la 2e roue en aura $20 \times 2 = 40$; si on en prend 50 pour la 3e roue, la roue de la vis devra en avoir $50 \times 3 = 150$, on a, en effet :

$$\frac{150 \times 40}{5 \times 20} = \frac{P}{p} = 6.$$

Vis a filets multiples.—On peut, pour couper des filets multiples, employer un des procédés suivants :

1o. *Le tour est monté avec courroies permettant un mouvement inverse.*—Si la roue du mandrin (driving wheel) peut être rendue indépendante (taken off), on fait faire à cette roue $\frac{1}{2}$ tour pour filets doubles, $\frac{1}{3}$ de tour pour filets triples, $\frac{1}{4}$ pour filets quadruples, etc, la roue de la vis (feed screw) restant en place. Si, par exemple, la roue du mandrin a 36 dents, on fait une marque sur les deux roues à leur point de contact, puis on compte 18 dents sur la roue

du mandrin si l'on veut avoir des filets doubles, 12 pour filets triples, 9 pour filets quadrup'es, etc, et on fait une nouvelle marque sur la dent ainsi trouvée ; après avoir rendu la roue du mandrin indépendante de cel'e de la vis, on fait tourner la 1ère jusqu'à ce que la nouvelle marque coïncide avec celle faite sur la roue de la vis.

Ce qui précède s'applique aux tours à engrenages simples ou composés.

Si, au contraire, la roue du mandrin étant fixe, la roue de la vis peut être rendue indépendante, on fait tourner cette dernière d'un nombre de dents égal à $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, etc, du nombre de dents de la roue du mandrin, suivant que l'on veut avoir des filets doubles, triples, quatruples, etc ; cette méthode ne peut s'appliquer qu'aux engrenages simples. Pour engrenages composés, le nombre de dents dont il faudra faire tourner la roue de la vis est égal au nombre de dents trouvé dans le cas précédent multiplié par le nombre de dents de la 3e roue (driving wheel) et divisé par le nombre de dents de la 2e (driven wheel).

Exemple : Soit à couper des filets triples avec un tour à engrenage composé ; roue du mandrin 24 dents, 2e roue, 40, 3e roue 15.

Si cela est possible, on fera tourner la roue du mandrin de 8 dents. Si, au contraire, on fait usage de la roue de la vis, il faudra la faire tourner de $\frac{8 \times 15}{40} = 3$ dents.

Le nombre de dents doit être tel que les divisions nécessaires puissent se faire exactement.

2o. *Le tour est monté sans courroie permettant un mouvement inverse.*—Dans ce cas, on exprime le pas de la vis

à couper en fractions de pouce ; puis, écartant les deux parties composant l'écrou, on recule le chariot d'un nombre de pouces égal au numérateur de la fraction ou à un de ses multiples (nombre trouvé en multipliant ce numérateur par un nombre entier, 1, 2, 3, etc) ; on revient ainsi dans un filet coupé ; on recule, en plus, de $\frac{1}{2}$ pas pour filets doubles, $\frac{1}{3}$ de pas pour filets triples, $\frac{1}{4}$ pour filets quadruples, etc.

Exemple : Soit à couper des filets doubles de $\frac{3}{16}$. Il faudra reculer le chariot de 3, 6, 9 pouces suivant la longueur de la pièce, plus de la moitié de $\frac{3}{16}$ c'est-à-dire $\frac{3}{32}$; s'il s'agissait de filets triples, il faudrait le reculer de 3, 6, 9 pouces plus $\frac{1}{3}$ de $\frac{3}{16}$ soit $\frac{1}{16}$.

Le numérateur de la fraction exprimant le pas, indique toujours le nombre de pouces dans lequel est contenu exactement le nombre de filets indiqué par le dénominateur. Ainsi un pas de $\frac{6}{5}$ indique qu'il y a 5 filets dans 6 pouces, $\frac{5}{6}$, qu'il y a 6 filets dans 5 pouces.

Le procédé ci-dessus peut également être employé pour reprendre des filets simples, mais il n'y a pas à ajouter au nombre de pouces dont on recule le chariot, la fraction de pas.

Exemple : Soit à reprendre un filet au pas $\frac{3}{16}$. On reculera le chariot de 3 pouces.

Si le filet est au pouce il suffit de reculer d'un nombre de pouces juste si on a un nombre entier de filets au pouce ; si on a une fraction, reculer d'un nombre de pouces représenté par le dénominateur de la fraction ou un de ses multiples.

Soit à reprendre un filet de $5\frac{1}{2}$ au pouce ; le dénominatenr de la fraction étant 2, on reculera de 2 pcs, 4, 6, 8, etc. Pour un filet de $6\frac{1}{3}$ on reculera de 3, 6, 9, pouces, etc.

Ce procédé ne s'applique que si, en reculant l'écrou, ses filets correspondent à ceux de la vis motrice.

MACHINE A PERCER (drilling machine).—Le nombre de tours par minute n peut être donné par la formule $n = \frac{x}{d}$, d étant le diamètre du foret en pouces ; on prend pour x les valeurs suivantes :

Acier	25 à 60 ;	Fonte douce et fer	25 à 40 ;
Fonte dure	5 à 10 ;	Laiton et bronze	79 à 120 :

Bois 120 à 160.

La vitesse d'alésage est les $\frac{2}{3}$ de la vitesse du tournage.

MACHINE A RABOTER (planing machine).—Les vitesses de l'outil sont les suivantes : 15 à 20 pieds par minute pour grandes machines ; pour les petites machines travaillant : l'acier, 15 à 20 ; le fer, 25 à 40 ; la fonte tendre, 23 à 46 ; la fonte dure 5 à 8 ; le laiton ou le bronze, 60 à 80.

La largeur du copeau pour machines légères est de 0″18 et pour fortes machines 0″25 à 0″40.

MACHINE A FRAISER (shaping machine).—La vitesse la meilleure à la circonférence est 35 à 60 pieds par minute pour la fonte et le fer. Ces machines n'exigent qu'une faible force, 0.1 à 0.5 cheval.

MEULES A AIGUISER ET A POLIR (grinding machine).

Grès.—La vitesse moyenne à la circonférence est de 1000 pieds par minute pour l'aiguisage et 2000 pour le polissage.

Le coefficient de frottement (c) est, pour les meules à gros grain :

Fonte, avec meule émoussée 0.24 ; Fer, avec meule émoussée 0.41 ; Fonte, avec meule dressée 0.21 ; Fer, avec meule dressée 0.46 ; Acier, avec meule dressée 0.29.

Le travail pendant le fonctionnement est égal à :

$$\frac{P \times V}{33000} \times c.$$

P, pression en livres avec laquelle la pièce est appuyée sur la meule, V, vitesse en pieds par minute, c, coefficient de frottement.

Pour les meules à grès fin, le coefficient de frottement entre la meule mouillée et la pièce est : pour la fonte, 0.716 ; pour le fer, 1.00 ; pour l'acier, 0.935.

Emeri (emery wheel).—La vitesse des meules d'émeri est d'environ 5500 pieds par minute ; elles doivent toujours marcher à la vitesse pour laquelle elles ont été construites ; c'est une condition de leur durée : si une meule donne satisfaction pour une vitesse donnée elle sera certainement défectueuse si on réduit cette vitesse. Dans aucun cas elles ne doivent marcher à une vitesse plus grande que celle indiquée par le fabricant, afin d'éviter les accidents qu'occasionnerait l'augmentation considérable de la force centrifuge.

Chaque atelier devrait avoir un indicateur destiné à faire connaître la vitesse des machines, et principalement des meules d'émeri.

L'aiguisage et le polissage des outils pour la fonte et le travail du bois ne peuvent être bien faits qu'avec une meule destinée spécialement à cet usage.

On doit, de plus, prendre les précautions suivantes

Placer la machine sur une excellente fondation, la tenir en bon état sous tous les rapports, tenir les roues droites et propres de toute graisse ou huile ; si la meule est douce ne pas appuyer trop fortement l'objet à polir ou à aiguiser, le travail ne se ferait pas plus vite et la meule serait rapidement hors d'usage ; s'assurer que les plateaux (collars) sont de bonnes dimensions, concaves tous deux, et que la machine est parfaitement ajustée avec des garnitures en caoutchouc placées entre la meule et les plateaux.

Pour une évaluation rapide du travail d'une machine on peut admettre les chiffres suivants en chevaux-vapeur :

	Machines légères	Machines de force moyen.	Fortes machines
Tours	0.4 à 0.6	0.6 à 1.0	1.0 à 3.0
Machines à percer	0.1 0.3	0.3 0.5	0.5 1.0
" raboter	0.2 0.4	0.6 0.1	1.0 2.5
" fraiser	0.1 0.3	0.3 0.7	
" poinçonner	0.3 0.8	1.0 3.0	3.0 8.0
" tarauder		0.5 1.5	
" aiguiser et à polir	5.3 0.8	1.0 3.0	3.0 5.0

Le tableau suivant donne la dureté et la résistance relatives des métaux soumis à l'action de l'outil dans le travail du tour, de la machine à percer ou de la machine à raboter, la résistance du plomb étant prise pour unité :

Plomb	1	Bronze	5
Etain	2	Fonte grise très douce	6
Zinc	3	Fonte grise ordinaire	7
Laiton	4	Fer forgé	8

Fer dur à grain cémenté	9	Acier fondu	11
Acier doux	10	" " trempé	12

Fonte dure coulée en coquille 13.

Bois.

MACHINES A PERCER.—Nombre de tours par minute 3600 à 4000 ; lorsque le diamètre du foret est inférieur ou égal à 1″, le travail total $= \frac{1}{2}$ à 1 cheval.

MACHINES A RABOTER.—Avec 2 ou 4 lames à chaque outil, le nombre de tours par minute $=$3000 à 3600 ; avancement $=$ 15 à 30 pds par minute ; travail total $=$ 1.5 à 2.5 chevaux pour machine à un outil ; pour machine à plusieurs outils, 1.5 cheval pour chaque outil en plus.

MACHINES A FRAISER.—Nombre de tours 4000 à 4300 ; travail total 1 à 2 chevaux.

MACHINES A TRANCHER.—Epaisseur du bois tranché $\frac{1}{64}$ à $\frac{5}{32}$; production par heure 300 à 350 feuilles de 30 pouces de large sur 5 à 10 pieds de long ; travail total 4 à 8 chevaux.

SCIES A BOIS.—En appelant n le nombre de tours ou de coups doubles par minute, N, le travail total en chevaux, a, l'avancement du bois en pouces, on peut admettre les données suivantes :

Scies alternatives à chassis vertical.—1° à 1 lame : pour grume de 24 à 40 pouces de diamètre, $n = 220$ à 250 ; $N = 2$ à 4 chevaux ; $a = \frac{3}{64}$ à $\frac{3}{16}$ par coup dans le bois dur et $\frac{5}{32}$ à $\frac{13}{32}$ dans le bois tendre ; pour madriers de 8 à 20″ de hauteur, $n = 240$ à 260, $N = 1.5$ à 2 chevaux, $a = \frac{5}{64}$ à $\frac{15}{64}$ par coup dans le bois dur et $\frac{3}{16}$ à $\frac{9}{16}$ dans le bois tendre.

2o. A plusieurs lames : pour grume de 20 à 40 pouces de diamètre, $n = 120$ à 180, $N = 4$ à 16 ; $a = 12$ à 48″ par minute ; pour madriers de 8 à 16″, $n = 180$ à 200 et $a = \frac{5}{64}$ à $\frac{25}{64}$ par coup lorsqu'il s'agit de scies à longue course, et $n = 250$ à 320 et $a = \frac{3}{64}$ à $\frac{12}{64}$ par coup lorsque la course est courte ; $N = 2$ à 5 chevaux.

Scies alternatives à châssis horizontal : Largeur du bois 20 à 40″, $n = 250$ à 300, $a = \frac{1}{64}$ à $\frac{3}{16}$; $N = 7$ à 4.

Scies circulaires : Vitesse à la circonférence 9000 à 10000 pieds par minute et environ moitié pour travail en travers ; $N = 1.5$ à 15 chevaux.

Scies à ruban : Vitesse 4 à 5000 pieds par minute $N = 5$ à 8 chevaux pour grumes, 3 à 5 pour madriers,

Recuit. — Trempe.

On appelle *recuit* (annealing) le procédé au moyen duquel on modifie la structure et on améliore les propriétés des métaux moulés qui, en se refroidissant, ont perdu une certaine partie de leur résistance, cette perte étant due aux tensions moléculaires déterminées par le retrait inégal des différentes parties de la pièce.

Les pièces doivent être recuites à la température qui convient au forgeage du métal de même dureté. Il est bon de recuire tous les outils en acier.

La *trempe* (tempering) a pour but de donner à certains métaux, principalement l'acier, un certain degré de dureté et d'élasticité ; elle se fait en chauffant le métal à une température donnée et en le refroidissant subitement dans un bain. On peut d'abord faire subir au métal une opération

(hardening) qui a pour objet de le rendre aussi dur que possible (cette opération se fait à une température très élevée, lorsque le métal a atteint le rouge sang), puis on abaisse la température au degré nécessaire pour la trempe.

Ordinairement la température à laquelle un outil doit être refroidi se juge par la couleur indiquée dans le tableau ci-après :

Jaune paille très pâle	430° F	Outils
" un peu plus foncé	450	pour métal.
" paille plus foncé	470	Outils pour
" très foncé	490	bois, tarauds.
" brun	500	Hachettes, ci-
" légèrement teinté violet	520	seaux à froid,
Violet clair	530	scies, etc.
" foncé	550	Ressorts.
Bleu foncé	570	
" plus pâle	590	Trop doux pour
" très pâle	610	les
" très pâle teinté vert	630	objets ci-dessus.

Les outils peuvent être durcis plus efficacement dans le mercure que dans aucun autre liquide ; après viennent la glace et l'eau glacée. L'eau de pluie est préférable à l'eau de rivière ou de puits.

Le tableau suivant donne la composition des bains pour la trempe.

Scies et ressorts divers.	Huile ou graisse animale.
Ressorts de voitures Lames de Cisailles	Tremper rapidement dans l'eau ordinaire.
Outils tranchants	Eau ordinaire (enduire l'extrémité avec de la résine avant la trempe.
Ressorts en fil d'acier et petits outils	Mélange { Eau ordinaire 1 Gall. Gom. arabique 5 à 6 oz. ou, eau, résine et savon mou.

Limes et Râpes	Eau	2	Galls.
	Sel ammoniac	1	Lb.
	Sel marin	5	"
Outils très durs	Eau	20	Galls.
	Sel marin	10	Lbs.
	Alcool	1	Quart.
	Acide sulfurique	3	ozs.
Outils très durs à employer à froid	Eau	2	Galls.
	Acide sulfurique	1½	oz.
	Acide azotique	5	Drams.
	Acide pyroligneux	5	"
Outils délicats, burins, petits outils, etc	Suif de mouton	3½	"
	Huile d'olives	17½	"
	Résine	2	"
	Sel ammoniac	1	"

Il est souvent avantageux, pour certains objets, d'employer des bains métalliques dont la composition est donnée ci-dessous :

	Composition.		Température.
	Plomb.	Etain.	
Lancettes	7	4	420° F.
Autres instruments de chirurgie	7½	4	430
Rasoirs, etc	8	4	442
Canifs et quelques instruments de chirurgie	8½	4	450
Canifs plus grands, scalpels, etc	10	4	470
Ciseaux, cisailles, ciseaux à froid	14	4	490
Haches, couteaux de poche	19	4	509
Couteaux de table, grandes cisailles	30	4	530
Epées, ressorts de montre	48	4	550
Grands ressorts, poignards, tarières	50	2	558
Objets devant être un peu plus doux	Plomb fondant		612

ALLIAGES.

	Cuivre.	Zinc.	Fer.	Plomb	Etain.	Anti-moine	Observations.
Bronze pour cloches	4	....	....	....	1		
" dur	8	....	....	....	1		
" à canon dur	5	....	....	....	1		
" " délicat	16	....	....	....	1		
Britannia metal	1	....	....	....	75		
Etain	....	....	....	....	6	1	* On peut employer
Laiton dur	2	1					pour le laiton les pro-
" fonte délicate	25	2	....	....	4½		portions suivantes :
" cock metal	5	....	....	2			Cuivre 60. Zinc 38.2
Muntz metal	3	2	....	....	....	1	Fer 1.8.
Type metal	....	....	....	6	....	1	
Stereotype metal	....	....	....	4	1	1	Pour organe de ma-
Laiton laminé français *	64.6	33.7	....	1.4	0.2		chines employer les
" fondu franç. (fo. dé.)	63.7	33.55	....	2.5	0.25		compositions sui-
" "	72.43	22.75	....	1.87	2.95		vantes :
" de Bristol	75,7	24.3					Cuivre Etain
" de Oker	77.88	24.42	2.32	1.09			1° 90.34 8.90
" fondu de Iserlohn	63.7	33.5	....	0.3	2.50		Phosphore 0.76.
Alliages pour coussinets.							Cuivre Etain
Pour faibles charges {	5	....	....	....	85	10	2° 90.36 8.94
	8	....	....	....	80	12	Phosphore 0.2

ALLIAGES (*Suite*).

	Cuivre.	Zinc.	Fer.	Plomb	Etain	Anti-moine	Observations.
Pour fortes charges	2	....	....	....	90	8	
" moulins	3	40	....	42	15	....	
" axes lourds	9.1	....	....	....	72.7	18.2	
" grande vitesse de rotation.	6	....	....	....	17	77	
		54.5	....	....	36.4	3 à 9	
Métal présentant le maximum de densité	2.5	....	70	....	5		
Autre métal dur	4	2	....	....	12	82	
Métal à bon marché	8	88	....	....	2	2	
Métal camélia	70.2	10.2	0.55	14.75	4.25		
" anti-friction Salger	4.01	85.57	....	1.15	9.91		
Plomb antimonial	....	....	....	80.69	....	18.83	
Métal anti-friction ameri.	....	0.98	0.65	78.44	....	19.60	
" Delta	92.39	....	0.07	5.10	2.37		
Bronze Harrington	55.73	42.67	0.68	....	0.97		
" phosphoreux pour coussinets *	79.17	....	....	9.61	10.22		* Contient 0.94 °/o de phosphore.

Soudures.

On emploie pour les soudures, les quantités suivantes :

Pour plomb : 1 partie étain, 2 parties plomb ;
" étain : 4 parties pewter (all. étain et zinc) 1 partie étain, 1 partie bismuth ;
" laiton : 2 parties laiton, 1 partie zinc ;
" or : 12 parties or, 2 parties argent, 4 part. cuivre ;
" argent : 5 parties argent, 6 part. laiton, 2 part. zinc ;
Soudure solide : 2 parties cuivre, 1 partie zinc ;
" légère : 2 parties étain, 1 partie plomb.

RÉDUCTION DES FRACTIONS ORDINAIRES EN FRACTIONS DÉCIMALES DE POUCES.

Fractions.	Décimales.	Fractions.	Décimales.	Fractions.	Décimales.	Fractions.	Décimales.
1/64	0.015625	¼	0.25	½	0.5	¾	0.75
1/32	0.03125	9/32	0.28125	17/32	0.53125	25/32	0.78125
1/16	0.0625	5/16	0.3125	9/16	0.5625	13/16	0.8125
3/32	0.09375	11/32	0.34375	19/32	0.59375	27/32	0.84375
⅛	0.125	⅜	0.375	⅝	0.625	⅞	0.875
5/32	0.15625	13/32	0.40625	21/32	0.65625	29/32	0.90625
3/16	0.1875	7/16	0.4375	11/16	0.6875	15/16	0.9375
7/32	0.21875	15/32	0.46875	23/32	0.71875	31/32	0.984375

L'ancien pied français = 1.06577 pied anglais.
" pouce " = 1.06577 pouce anglais.

QUESTIONNAIRE

A L'USAGE DES MÉCANICIENS.

I.—*Quelle est la source de puissance dans les machines?*— Toutes les machines empruntent leur puissance à la chaleur. 1 unité de chaleur (page 162), transformée en travail, peut produire théoriquement 778 livres-pieds (page 174). Dans les machines à vapeur, la chaleur est produite par la combustion sur la grille; cette chaleur traverse par conductibilité (page 170) le métal de la chaudière; l'eau s'échauffe par convexion (chaleur sensible, page 163), puis est transformée en vapeur (chaleur latente, page 163).

II.—*Qu'appelle-t-on combustion?*— C'est un phénomène résultant de la combinaison de deux corps (carbone et hydrogène) contenus dans les combustibles (page 241) avec l'oxygène de l'air (page 297). Cette combinaison donne naissance à un dégagement de chaleur.

III.—*Transmission de la chaleur.*—1° Par conductibilité, 2° par rayonnement (page 170), 3° par convexion. La transmission par convexion se produit dans les liquides et dans les gaz; les parties voisines de la surface chauffée se dilatent, deviennent plus légères et s'élèvent; elles sont remplacées par les parties froides plus lourdes qui à leur tour s'échauffent, etc. Il se produit ainsi des courants de bas en haut pour les parties les plus chaudes, et de haut en bas pour les parties froides. Il en résulte une différence d'efficacité dans la surface de chauffe.

IV.—*Qu'appelle-t-on thermomètre?*— C'est un instrument qui sert à évaluer les températures ou les intensités de chaleur. L'action des thermomètres est basée sur les changements de volume auxquels certains corps sont soumis lorsqu'il y a changement de température. On construit des thermomètres à air, à eau, à alcool, mais le plus communément employé par les mécaniciens est le thermomètre à mercure.

Les échelles thermométriques employées sont l'échelle centigrade dont le 0 correspond à la température de la glace fondante et 100 à la température d'ébullition de l'eau sous la pression at-

mosphérique normale; l'échelle Réaumur, température de la glace fondante 0, ébullition de l'eau 80; l'échelle Fahrenheit, température de la glace fondante 32, température d'ébullition 212. Page 165.

V.—*Qu'appelle-t-on baromètre?*—C'est un instrument destiné à mesurer la pression atmosphérique, c'est-à-dire, la force avec laquelle les corps sont comprimés par la couche d'air qui enveloppe la terre. Cette pression peut être mesurée à l'aide d'une colonne de mercure (Baromètre à mercure) ou par la déformation produite par la pression de l'air sur une capacité (tube ou autre dans lequel on a fait le vide); dans ce dernier cas, la pression est indiquée par une aiguille (Baromètre anéroïde).

VI.—*Qu'appelle-t-on manomètre?*—C'est un instrument qui sert à mesurer la pression dans les machines à vapeur ou la tension d'un gaz fortement comprimé.

Il y a 3 sortes de manomètres, le manomètre à air libre, le manomètre à air comprimé, et le manomètre anéroïde ou métallique (Bourdon et autres).

Le manomètre à air libre se compose d'un tube à deux branches dans lequel on met de l'eau ou du mercure; l'une des branches est en communication avec l'espace dont on veut mesurer la pression et l'autre avec l'atmosphère; la différence de niveau du liquide dans les deux branches indique la différence de pression.

Le manomètre à air comprimé est analogue au manomètre à air libre, mais la deuxième branche est fermée et contient de l'air que le liquide comprime lorsqu'il s'élève dans cette branche. Les divisions marquées sur le tube lui-même ou sur une règle placée en arrière indiquent la pression.

Le manomètre anéroïde est à peu près le seul employé pour les chaudières. Il se compose d'un tube recourbé à l'intérieur duquel agit la pression à mesurer: cette pression tend à redresser le tube d'autant plus qu'elle est plus forte, la déformation produite fait mouvoir une aiguille qui indique la pression sur un cadran.

VII.—*Qu'est-ce que la vapeur?*—C'est de l'eau amenée à l'état de gaz par la chaleur. L'eau est formée par la combinaison de 2 volumes d'un gaz appelé hydrogène avec 1 volume d'un gaz appelé oxygène, ou 1 partie en poids du 1er pour 16 du 2e. Les qualités qu'offre la vapeur sont: 1o son élasticité, 2o la facilite avec laquelle elle se condense (p. 208). 1 pied cube d'eau donne 1669 pds cubes de vapeur à la pression ordinaire.

VIII.—*Quel est le parcours de la vapeur depuis sa formation jusqu'à son retour à l'alimentation?*—La vapeur produite dans la chaudière passe par le régulateur et va au cylindre. Si la machine est à échappement libre, la vapeur ayant servi s'échappe dans l'air; si elle est à condensation, la vapeur passe du cylindre au condenseur où elle est ramenée à l'état d eau. Si le

condenseur est à jet ou à mélange, l'eau condensée, mélangée à l'eau ayant servi à la condensation, est prise par la pompe à air et amenée dans un réservoir où la température est d'environ 100°; une partie de cette eau est alors prise par la pompe d'alimentation et renvoyée à la chaudière. Si le condenseur est à surface, l'eau de condensation est prise par la pompe d'alimentation et renvoyée également à la chaudière : dans ce dernier cas l'eau de condensation ne suffit pas à l'alimentation.

IX. — *Comment trouver la pression totale dans le condenseur?* — Retrancher la hauteur donnée par le baromètre de la hauteur de la colonne de mercure donnée par le condenseur et diviser le résultat par 2. Exemple : Hauteur du baromètre 29.5, manomètre du vide 26, calculer la pression absolue dans le condenseur. $\frac{29.5-26}{2} = 1.75$ lb. par pouce carré.

X. — *Que faire si le condenseur devient trop chaud?* — S'il est possible, donner plus d'eau à l'injection, sinon, réduire la vitesse ou arrêter pour laisser refroidir ; s'il y avait danger à arrêter, verser sur le condenseur de l'eau chaude, puis de l'eau de moins en moins chaude, jusqu'à refoidissement complet.

XI. — *Quelle est la 1e chose à faire en prenant charge d'une chaudière?* — Examiner avec soin les tuyaux, les robinets et les valves ; entrer dans la chaudière, en sonder les différentes parties à l'aide d'un marteau, examiner les étais, l'état des tubes. Visiter ensuite la soupape de sûreté, les robinets d'épreuve, l'indicateur de niveau ; voir à quelle hauteur le robinet le plus bas est au-dessus des tubes ; examiner les différentes parties de la machine, piston, tiroir, etc.

XII. — *Expliquer la manière de nettoyer une chaudière et d'en enlever les incrustations. Ce travail doit-il être fait souvent.* — Page 244. On ne peut préciser à quels intervalles il faut nettoyer une chaudière. Bien que cette opération soit coûteuse, il faut la faire assez souvent, surtout quand les eaux employées peuvent produire des dépôts adhérents aux tôles.

Pour être nettoyée à fond, une chaudière doit être rincée sous pression pour en chasser toutes les boues. Le chauffeur entre ensuite par le trou d'homme ; il détache les incrustations à l'aide d'un marteau et les balaie à l'extérieur ; il passe alors une couche de brai liquide ou de plombagine sur toute la surface intérieure. Il visite, de plus, les tuyaux et les robinets et s'assure que les petits conduits des indicateurs, manomètres, robinets de jauge ne sont pas bouchés. Enfin il inspecte toutes les parties de l'appareil producteur de la vapeur à l'intérieur et à l'extérieur, le foyer et les carneaux ; il débarrasse ces derniers de la poussière et des cendres. Il voit à ce qu'il n'y ait pas de fuite, soufflure ou amincissement.

Ceci fait il rebouche le trou d'homme et refait les joints.

On estime qu'une chaudière perd 13°/° de son efficacité pour 1/16 de pouce d'épaisseur d'incrustations, 38°/° pour ¼, et 60°/° pour ½.

Substances nuisibles.	Effets.	Remèdes.
Sédiment, vase, terre glaise.	Incrustation.	Filtration.—Extractions.
Sels se dissolvant rapidement.	Do.	Extractions.
Bicarbonate de chaux, magnésie, fer.	Do.	Chauffage de l'eau d'alimentation.—Addition de soda caustique, chaux, magnésie, etc.
Sulfate de chaux.	Do.	Addition de carbonate de soude, chlorure de barium.
Chlorure et sulfate de magnésie.	Corrosion	Addition de carbonate de soude.
Acides.	Do.	Alcalis.
Acide carbonique et oxygène dissous.	Do.	Chauffage de l'eau d'alimentation.—Addition de soda caustique, chaux éteinte, etc.
Matières organiques.	Do.	Do.
Graisse (provenant de l'eau condensée.)	Do	Chaux éteinte et filtration. - Carbonate de soude. --- Remplacer par huile minérale.
Carbonate de soude en grande quantité.	Entraînement d'eau.	Addition de chlorure de barium.
Matières organiques (eaux d'égoût).	D	Précipiter avec de l'alun ou du chlorure de fer et filtrer.

XIII.—*Indiquer des chaudières qui nécessitent plus de soins que d'autres?*—Les chaudières tubulaires, les chaudières à forte évaporation et à faible volume d'eau. Pour ces dernières, si l'injection est négligée, le niveau de l'eau baisse rapidement et il peut en résulter un coup de feu

XIV.—*Qu'arriverait-il si l'eau était trop basse ou trop haute dans la chaudière?* — Pour le 1er cas, page 250. — Dans le 2nd cas. il se produirait des entraînements d'eau pouvant causer la rupture du cylindre.

XV.—*Comment et pourquoi amène-t-on la chaleur sensible de la vapeur à un plus haut degré que celui dû à l'ébullition de l'eau?*—Se fait à l'aide des surchauffeurs (superheaters) ; la va-

peur est sèche et réduite en un gaz parfait ; l'effet produit est plus considérable ; les condensations dans le cylindre sont moins à craindre.

XVI.—*Calcul de la surface de chauffe.* — On distingue quelquefois 2 sortes de surfaces de chauffe : la surface de chauffe directe qui est exposée directement à la flamme, et la surface de chauffe indirecte qui n'est en contact qu'avec les gaz chauds.

Le plus souvent on confond, dans le calcul, ces deux surfaces, bien que leur efficacité soit très différente.

En général, pour calculer la surface de chauffe d'une chaudière donnée, il suffit de calculer séparément les surfaces des diverses parties de la chaudière exposées soit au contact de la flamme, soit au contact des gaz chauds, puis, de faire la somme des surfaces ainsi obtenues. On appliquera, suivant le cas, les formules correspondant à ces surfaces.

Si la surface est un cylindre, l'aire s'obtient en multipliant la circonférence par la longueur, ou, ce qui revient au même, en multipliant le diamètre par 3.1416, puis par la longueur.

Il faut avoir soin, lorsqu'une surface cylindrique débouche sur une surface plane, de retrancher de l'aire de cette surface l'aire correspondant à la section du cylindre : on obtient cette dernière en élevant le diamètre au carré et en le multipliant par 0.7854.

Dans le cas d'une chaudière tubulaire ordinaire, la surface de chauffe se compose : 1o. de la portion de la partie cylindrique de la chaudière exposée au feu ; 2o. de la surface des tubes ; 3o. des deux têtes sur lesquelles sont montés les tubes.

La portion de la partie cylindrique de la chaudière s'obtiendra en calculant la longueur de l'arc (page 27, 1o.) et en multipliant par la longueur de la chaudière exposée au feu.—Pour avoir la surface de chauffe correspondant aux tubes, multiplier le diamètre de l'un des tubes par 3.1416 et par sa longueur : on obtient ainsi la surface de chauffe d'un tube que l'on multipliera ensuite par le nombre de tubes pour avoir la surface totale.—La surface de chauffe correspondant aux têtes sera obtenue en élevant le diamètre de la chaudière au carré et en le multipliant par 0.7854. On cherchera ensuite la section de l'un des tubes en multipliant le diamètre au carré par 0.7854 : on multipliera le résultat par le nombre de tubes et on retranchera le produit de la surface de la tête pour avoir la surface de chauffe. Si on admet que les deux têtes peuvent être comptées comme surface de chauffe, on multiplie le résultat par 2.

En faisant la somme des 3 surfaces trouvées séparément et en divisant le résultat par 144 si on a exprimé les grandeurs en pouces, on obtiendra le nombre de pieds carrés de surface de chauffe.

XVII. — *Les plaques des trous d'homme et de vidange doivent-elles être placées à l'intérieur ou à l'extérieur des chaudières? Pourquoi?* — A l'intérieur ; la pression de la vapeur tend

alors à les appliquer plus fortement contre la paroi de la chaudière. On donne aux trous d'homme une forme elliptique afin de pouvoir introduire le tampon à l'intérieur.

XVIII. — *Qu'appelle-t-on avance à contre-vapeur ou avance à l'admission ?* — L'avance à contre-vapeur consiste à introduire de la vapeur dans le cylindre avant que le piston ne soit à l'extrémité de sa course ; elle a pour objet de supprimer les chocs et d'amener la vapeur contenue dans le cylindre, lorsque la communication est fermée avec l'échappement, à une pression à peu près égale à celle de la chaudière ; on diminue ainsi l'influence des espaces nuisibles compris entre le piston et le tiroir. — Page 177.

XIX. — *Qu'appelle-t-on ébullition spontanée, entraînement d'eau ? Sont-ils dangereux ?* — Page 249, 3°.—L'ébullition spontanée peut de plus produire un entraînement d'eau (page 248); si cette eau arrive au cylindre, elle peut amener la rupture du couvercle et causer de graves accidents, (Quest. XIV).

XX. — *Utilité de la manivelle. — Où se trouve le bouton de manivelle lorsque le piston est au milieu de sa course ?* — La manivelle sert à transformer un mouvement rectiligne alternatif en mouvement de rotation continu.—Page 186.—Lorsque le piston est au milieu de sa course, le bouton de manivelle a dépassé sa position moyenne et se trouve un peu en avant vers le cylindre. Le mouvement du piston n'est pas uniforme ; il est plus rapide vers le milieu de la course et plus lent aux extrémités.

XXI. — *Quelles sont les différentes espèces de pompes ?* — On distingue les pompes aspirantes (lift pumps) et les pompes foulantes (force-pumps). Les pompes peuvent, de plus, être à simple ou à double effet (single or double acting).

1o Pompes aspirantes. — Elles se composent d'un cylindre dans lequel se meut un piston ; à la base du cylindre est disposée une conduite (suction pipe) dont la partie inférieure plonge dans l'eau ; cette conduite porte, à la partie supérieure, une valve (suction valve). Lorsque le piston recule, il tend à se produire un vide dans le cylindre, et la pression atmosphérique, agissant à raison d'environ 15 lbs par pouce carré sur la surface libre de l'eau, cette eau est refoulée dans la conduite d'aspiration, et de là dans le cylindre. Lorsque le piston vient en sens inverse, la valve se ferme et l'eau du cylindre est chassée. L'eau ne s'élevant dans ces pompes que par suite de la pression due à l'atmosphère, la plus grande hauteur à laquelle on pourra théoriquement élever l'eau par aspiration sera la colonne d'eau faisant équilibre à la pression atmosphérique, c'est-à-dire 33 pieds. En pratique on ne peut jamais atteindre cette limite.

2o. Pompes foulantes.—L'eau étant introduite dans le cylindre, soit par aspiration, soit par suite d'une différence de niveau,

lorsque le piston revient sur lui-même, la valve d'aspiration se ferme et l'eau est refoulée dans une conduite dite de refoulement (delivery pipe) ; la hauteur à laquelle l'eau peut ainsi être élevée dépend seulement de la pression exercée par le piston et de la résistance du cylindre et de la conduite. La conduite de refoulement est munie à son extrémité d'une valve (delivery valve) qui se ferme, empêchant ainsi l'eau refoulée de revenir au cylindre lorsque le piston, reculant de nouveau, le cylindre se remplit.—Pour les calculs voir pages 148, 152 et 210.

XXII.—*Expliquer la construction de la pompe alimentaire. —Pourquoi ne fonctionne-t-elle pas quand l'eau est chaude ?—Donner les principes d'après lesquels elle élève l'eau.* —Question XXI. —Lorsque l'eau est chaude elle produit de la vapeur qui remplit l'espace laissé libre par le piston ; il est impossible de faire le vide, et la pression atmosphérique qui, dans la pompe aspirante, refoule l'eau dans le tuyau d'aspiration (suction pipe), est équilibrée par la pression de la vapeur produite. A 153°, par exemple, la pression de la vapeur est 4 ; la pression atmosphérique étant 15, il ne reste plus, pour élever l'eau, qu'une pression de 11 lbs correspondant à une hauteur de 24 pds. Cette hauteur ne pourrait même pas être atteinte en pratique.

XXIII.—*Comment reconnaître que l'eau d'injection est suffisante ?* —Par la température de l'eau de condensation et le baromètre. Page 208.

XXIV. —*Conséquences résultant de l'ouverture du robinet d'injection après l'arrêt de la machine.* —Le condenseur, et peut-être aussi les cylindres, se remplissent d'eau. Cela peut occasionner la rupture des pistons, tiges, couvercles ou boutons de manivelle.

XXV.—*Quelle distance doit-il y avoir entre les étais dans les parties planes d'une chaudière et quel doit être leur diamètre ?*—Les distances varient de 4 à 18 pouces suivant la pression ; le diamètre ne doit jamais être supérieur à $1\frac{1}{2}$ pouce. Il est préferable d'avoir un plus grand nombre d'étais d'un petit diamètre, la résistance à la pression étant, dans ce cas, répartie sur un plus grand nombre de points à la fois.

XXVI. —*Mise en train d'une machine.* —1o A pleine pression : Si la machine est verticale, il est préférable d'amener le piston à sa partie supérieure avant la mise en marche ; si elle est horizontale, le piston peut être dans une position quelconque sauf au point mort ; la meilleure position pour le démarrage est lorsque la manivelle a dépassé un peu la verticale. Il faut avoir soin, dès la mise en marche, de purger très complètement toutes les pièces devant recevoir de la vapeur, il faut même purger en marche. Lorsque les purgeurs ne dégagent plus que de la vapeur sèche, on ferme les robinets et on met doucement en route

en ouvrant graduellement la prise de vapeur ; on active petit à petit jusqu'à ce que la machine ait pris sa vitesse normale. En ouvrant trop brusquement la prise de vapeur, on s'expose à des explosions provenant de l'échauffement trop brusque des tuyaux ou d'ébullition tumultueuse. Il est bon également de n'ouvrir que lentement le régulateur.

2o A détente : Mêmes précautions que ci-dessus, on donne un peu plus de vapeur pour expulser les eaux de condensation, puis on pousse au volant pendant quelques tours, les robinets purgeurs étant ouverts ; quand les robinets ne donnent plus que de la vapeur sèche, on ouvre peu à peu le régulateur.

3o A condensation : Les soins à prendre varient suivant la disposition de la machine. Pour la marche de la condensation, ouvrir graduellement le robinet d'injection du condenseur. Si l'appareil était défectueux ou s'il fallait admettre une grande quantité de chaleur dès le début, il faudrait produire un vide artificiel ; pour arriver à ce résultat, échauffer le condenseur avant la mise en marche au moyen d'un jet de vapeur amené par un tuyau spécial, puis refroidir la caisse en l'aspergeant d'eau froide. Si le tuyau n'existe pas, échauffer le condenseur au moyen de la vapeur de décharge du cylindre en arrêtant la machine, et arroser ensuite la pompe à air et la caisse avec de l'eau froide, puis remettre en marche.

Lorsque la machine est en marche, veiller à ce que les pièces ne donnent aucune fuite. Si la machine n'a pas encore manœuvré, il faudra en inspecter soigneusement toutes les pièces afin de bien connaître le mécanisme. Les opérations qui doivent être le plus fréquemment répétées sont le resserrage des boulons et la réfection des bourrages.

XXVII. — *Qu'appelle-t-on magnétisme rémanent (residual magnetism)?* — C'est le magnétisme restant dans le fer doux d'un électro-aimant lorsque le courant qui l'a produit a cessé de passer.

XXVIII. — *Calculer le contenu de la pompe alimentaire et les dimensions qu'elle doit avoir pour une chaudière de dimensions données?* — Pages 148 et 210.

XXIX. — *A quoi servent la pompe à air et la pompe élévatoire?* Pages 209 et 210.

Pour sujets non compris dans le *Questionnaire*, voir la table des matières.

SUPPLÉMENT.

PREMIERS SOINS A DONNER EN CAS D'ACCIDENTS.

Avis important.

Aussitôt qu'un accident se produit, il faut éloigner les curieux et garder son sang-froid.

On transportera le blessé dans un local spécial, en observant les prescriptions indiquées ci-dessous et on enverra chercher le médecin.

Local.—Il est bon de désigner un local spécial dans lequel seront transportés les blessés et malades pour y recevoir les premiers soins. Dans ce local on placera une boîte de médicaments et pansements.

Autant que possible ce local doit être bien aéré, à l'abri du froid, du soleil et de la pluie, et tenu proprement.

Transport des blessés en cas de fracture.—S'il y a fracture des membres inférieurs, on transportera le blessé sur une civière. Dans le cas où l'on n'aurait pas de civière sous la main, on peut en improviser une avec une planche large, un volet, une porte, etc., sur laquelle on place le blessé la tête relevée, couché sur un matelas, de la paille, des herbes sèches, etc.

Pour placer commodément un blessé sur une civière, il faut quatre personnes : l'une, placée à la tête, passe ses mains sous le dos ; une autre les passe sous les jambes et les fesses ; la plus adroite prend solidement le membre fracturé en dessus et en dessous de la fracture ; la quatrième glisse le brancard sous le blessé, qu'on laisse reposer doucement.

Le membre fracturé doit être relevé le premier et diposé le dernier.

Les porteurs doivent marcher régulièrement et partir d'un pied différent. Si l'on monte ou si l'on descend un escalier, le membre blessé doit passer en avant dans le premier cas et en arrière dans le second.

Si le blessé est privé de connaissance, on lui placera des compresses froides sur la tête pendant le transport.

En cas de congestion, blessures, plaies, etc., les précautions sont analogues ; mais, pour la montée ou la descente d'un escalier, c'est la tête qui doit toujours être en haut.

Soins généraux.—Pour déshabiller le blessé, il faut ouvrir les vêtements et, au besoin, fendre les manches, le pantalon, les bas, les souliers, essuyer doucement la sueur, éviter les courants d'air et tout refroidissement. Bien couvrir le blessé, et, si l'on peut, chauffer le local. Ne toucher aux parties blessées qu'avec des mains excessivement propres. Eviter toute malpropreté dans le pansement.

APOPLEXIE.

Coucher le malade dans un endroit aéré. Desserrer les vêtements, en particulier autour cou. Appliquer des compresses d'eau froide sur la tête et des sinapismes aux jambes. Lavement purgatif.

ASPHYXIE.

1° *Par le gaz d'éclairage.*—Il faut fermer le robinet ; puis ouvrir ou briser la porte du local pour en renouveler l'air. En même temps ouvrir ou briser une ou plusieurs fenêtres de l'extérieur, si toutefois cette opération est possible.

Si elle ne l'est pas, on pénètre dans la pièce *sans lumière*, en courant, pour aller ouvrir ou briser une ou plusieurs fenêtres.

Pour éviter d'être frappé lui-même d'asphyxie, le sauveteur prendra les précautions suivantes :

Il se couvrira les narines et le nez d'un linge imbibé d'eau pure ou un peu vinaigrée ;

Il se fera attacher avec une corde permettant de le ramener dehors en cas de défaillance ;

Les fenêtres ouvertes, faire une longue aspiration d'air frais et se hâter de sortir. Quand on jugera que le courant d'air a suffisamment balayé le gaz, on ira prendre l'asphyxié pour le porter dans une pièce bien aérée.

2° *Par le gaz carbonique* (combustion du charbon, de la houille).—Avant d'entrer dans la pièce, on peut y projeter de l'eau mêlée de chaux éteinte.

3° *Par les gaz méphitiques* (gaz des fosses d'aisances, puits, caves, caveaux, etc.).—Faire brûler de la paille et l'introduire dans l'endroit contaminé, en se réservant le moyen de la retirer vivement, de peur d'inflammation ou d'explosion partielle.

Le sauveteur qui entrera dans le local doit observer les précautions suivantes :

Se faire attacher avec une corde, puis se mettre sur la bouche et les narines un linge mouillé ;

Prendre une deuxième corde munie d'un crochet pour attacher la victime par ses vêtements et tenir dans la main gauche une cordelette-signal bien tendue ;

La victime étant accrochée, tirer plusieurs fois sur la cordelette pour avertir les aides de la remonter et sortir vivement.

L'asphyxié sera transporté dans un local aéré pour y recevoir les premiers soins.

4° *Asphyxie par submersion.*—Se garder de suspendre le noyé par les pieds, et ne lui donner aucune boisson avant qu'il ait recouvré le libre usage de la respiration. Pas de fumigations, pas de secousses.

Il faut enlever les vêtements, nettoyer la bouche et la gorge pour en enlever les mucosités ainsi que le sable qui pourrait s'y être introduit : puis pratiquer la respiration artificielle pendant que les aides réchauffent le corps par tous les moyens possibles, tels que : application de flanelle chaude, boules d'eau chaude, friction des membres avec des serviettes chauffées, etc.

La respiration artificielle chez les noyés doit être prolongée pendant plusieurs heures et faite alors que le noyé est resté submergé une heure et plus.

5° *Asphyxie par strangulation.*—Couper immédiatement la corde, coucher l'asphyxié, frictionner les membres : eau froide à la tête, sinapismes aux jambes et respiration artificielle.

RESPIRATION ARTIFICIELLE.

1o. *Méthode Pacini.*—Coucher l'asphyxié sur le dos, lui soulever la poitrine en glissant sous le dos un coussin, un paquet de linge, un oreiller, etc.

L'opérateur se place à la tête, prend dans chaque main la partie supérieure du bras, près de l'épaule, le pouce au-dessus du bras, les autres doigts en dessous. Il attire ensuite les épaules à lui et les repousse à leur position normale ; il continue ce mouvement alternatif de haussement et d'abaissement d'une façon régulière, à raison de quinze ou dix-huit fois par minute.

2o. *Méthode Sylvester.*—Même position relative de l'asphyxié et de l'opérateur que ci-dessus. L'opérateur prend les deux bras au-dessus du coude, les appuie fortement sur le thorax et les porte horizontalement en arrière, vivement, mais sans brusquerie. Puis il les ramène à leur première position et continue le mouvement en observant autant que possible la cadence de la respiration normale.



Fig. 1.

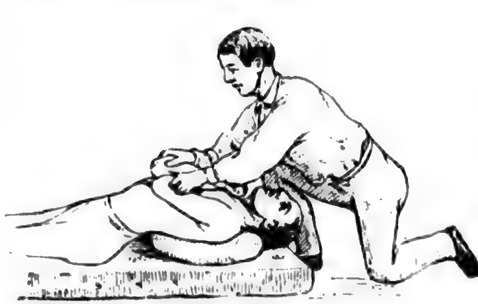


Fig. 2.

3o. *Insufflation d'air.*—Si les procédés précédents ne donnent aucun résultat, on place ses lèvres sur celles de l'asphyxié, et on lui souffle dans la bouche, fortement, et avec régularité, en ayant bien soin de lui fermer les narines et les commissures des lèvres.

Dès que le patient donne signe de vie, lui administrer un cordial. Si des nausées se manifestent, lui chatouiller la luette avec des barbes huilées pour le faire vomir.

On le couche ensuite dans un lit bassiné, et on surveille sa respiration pendant le sommeil, car il faut prévoir le cas où se reproduiraient les phénomènes d'asphyxie.

4o. *Méthode du docteur Laborde.*—S'emploie en même temps que la méthode Sylvester. Saisir la langue avec un mouchoir et exercer une traction rythmée correspondant aux mouvements des bras, c'est-à-dire, la tirer quand on élève les bras (fig. 1) et la rentrer dans la bouche quand les bras sont ramenés en avant (fig. 2).

NOTA.—Ces méthodes de respiration doivent être appliquées concurremment pendant un temps assez long, car on a des exemples d'asphyxiés revenus à la vie après plusieurs heures de mort apparente.

BRULURES.

1o. *Par le feu.*—Si les vêtements d'une personne prennent feu, il faut jeter sur elle une couverture, un tapis, un drap, etc., et l'en enrouler vivement, jusqu'à extinction du feu.

Dévêtir ensuite la victime avec soin, en coupant au besoin ses habits ; ne pas arracher les parties de linge

collant à l'épiderme. Vider les vésicules formées, sans les déchirer, au moyen d'un petit trou que l'on perce avec une épingle.

Eviter l'application sur la plaie de substances irritantes, telles que vin, encre, gelée de groseille, etc., baigner avec de l'eau pure.

Appliquer sur les brûlures le liniment calcaire (parties égales d'huile et d'eau de chaux agitées dans un flacon bouché).

Comme moyen de calmer la souffrance, il faut citer encore l'application de la solution saturée d'acide picrique.

En cas de brûlure totale, plonger, pendant deux minutes, la victime dans une barrique contenant cette solution.

2o. *Brûlures par les acides et les caustiques alcalins.*— Il faut d'abord éponger la plaie avec de la ouate ou un linge doux pour enlever toute trace de corrosif.

Puis, dans les cas de brûlures par un acide, on lave la plaie avec de l'eau alcaline, de l'eau de savon, de l'eau de soude (solution de carbonate de soude ou soda).

S'il s'agit de caustiques alcalins (potasse, soude, chaux vive, ammoniaque), laver la plaie avec de l'eau vinaigrée, après l'avoir essuyée avec le tampon de ouate.

CONGÉLATION.

Coucher le malade dans une chambre froide qu'on échauffera progressivement. Ne jamais le mettre dans un local chauffé, ni surtout devant le feu. On doit ramener la circulation du sang au moyen de frictions énergiques avec des linges chauffés.

Dès que le malade reprend connaissance, lui donner du café chaud avec un peu d'alcool.

CONTUSIONS.

Si la contusion est légère, il suffit d'appliquer des compresses de linge propre, trempées dans de l'eau blanche froide et souvent renouvelée. A défaut d'eau blanche, prendre de l'eau froide.

Si la contusion est grave, coucher le blessé dans un local aéré, lui enlever ce qui peut gêner la respiration, traiter la partie lésée par des compresses d'eau froide ou glacée.

EMPOISONNEMENTS.

Provoquer immédiatement les vomissements en chatouillant la gorge et la luette avec les doigts ou les barbes d'une plume, ou en faisant absorber de l'eau tiède.

Conserver les matières vomies pour les montrer au médecin à son arrivée.

Il est bon aussi de donner à boire du lait ou, à son défaut, de l'eau dans laquelle on a battu des blancs d'œuf (quatre blancs par litre), ou de l'eau gommée.

Dans le cas où l'on connait la nature du poison absorbé, on peut, avant l'arrivée du médecin, suivre les prescriptions suivantes :

1o. *Empoissonnement par les acides* (acide sulfurique, nitrique, chlorhydrique, etc.).—Administrer de l'eau, légèrement additionnée de bi-carbonate de soude, de magnésie, de chaux.

2o. *Alcalis* (soude ou potasse caustique, etc.).—Administrer de l'eau additionnée d'un peu de vinaigre ou de jus de citron.

3o. *Phosphore.*—Administrer une grande quantité de magnésie calcinée ou de lait écrêmé. Toutes les demi-heures, dix gouttes d'essence de térébenthine dans une décoction d'orge ou d'avoine. Eviter avec soin de donner des huiles ou graisses.

4o. *Arsenic.* —Donner de la magnésie délayée dans l'eau.

5o. *Mercure* (sublimé corrosif).—Administrer du blanc d'œuf.

6o. *Poisons stupéfiants* (opium, belladone).—Café noir très fort et en grande quantité, vin rouge ; compresses froides sur la tête, sinapismes à l'estomac et aux jambes.

7o. *Chloroforme.*—Ouvrir les portes et fenêtres et appliquer la respiration artificielle.

ÉPILEPSIE.

Coucher le malade et surveiller ses mouvements. Desserrer les vêtements autour du cou. Ne pas chercher à fléchir les membres raidis.

Ne rien donner à boire.

ENTORSES ET FOULURES.

Appliquer des compresses de linge propre, trempées dans de l'eau blanche très froide et souvent renouvelée.

FRACTURES.

Si le membre ne peut être remué par le blessé, s'il semble dévié, si l'on perçoit une crépitation des deux parties de

l'os brisé, si la partie du membre habituellement rigide est courbée ou mobile, il est probable qu'il y a une fracture, et on agira en conséquence, sans chercher à s'assurer de l'existence de cette fracture.

Si la fracture n'est pas compliquée de plaies, on couvrira la partie du membre où elle s'est produite de compresses fraîches imbibées d'eau blanche. On prendra des attelles en bois, ou en carton fort, que l'on enveloppera de linges doux sur une épaisseur suffisante, ou, mieux, de ouate ; on les placera sur le membre ramené à sa position habituelle, et on les fixera au moyen de bandes de toile, sans forcer.

Les figures Nos. 3, 4, 5, 6 et 7, indiquent clairement ce qu'il faut faire dans les différents cas.

Fig. 3.



Fig. 4.



HÉMORRHAGIE.

Si l'hémorrhagie est abondante, il ne faut pas transporter le blessé, mais le coucher la tête un peu relevée. Ne

pas chercher à arrêter le sang par les moyens qui nécessitent l'emploi de vinaigre, perchlorure de fer, toile d'araignée, etc. Il est recommandé de ne se servir que de linges très propres.

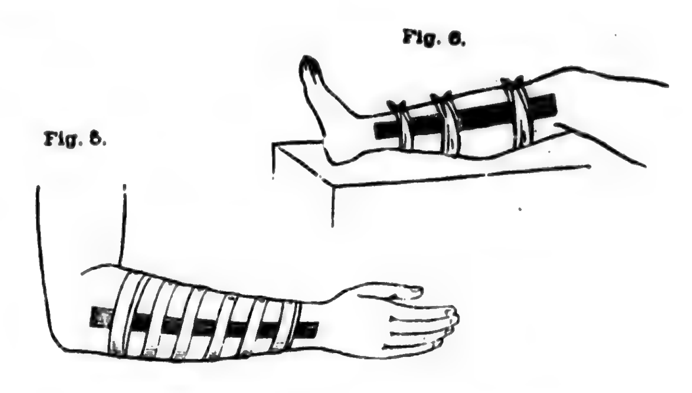
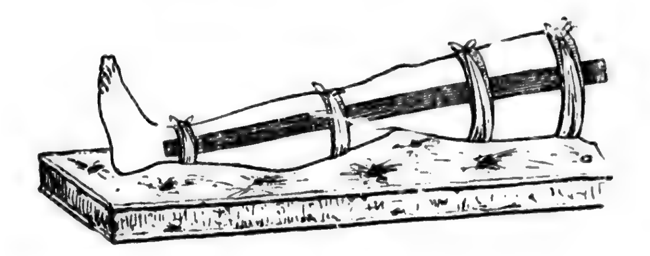

Fig. 6.

Fig. 5.

Fig. 7.



Quand le sang qui sort de la plaie coule lentement, qu'il est épais et d'une couleur noirâtre, on opère ainsi : On enlève les vêtements, bretelles, jarretières, etc., qui pourraient gêner la circulation dans le membre blessé.

On plie un linge bien propre sur une épaisseur assez forte et on le maintient sur la plaie avec le bout des doigts.

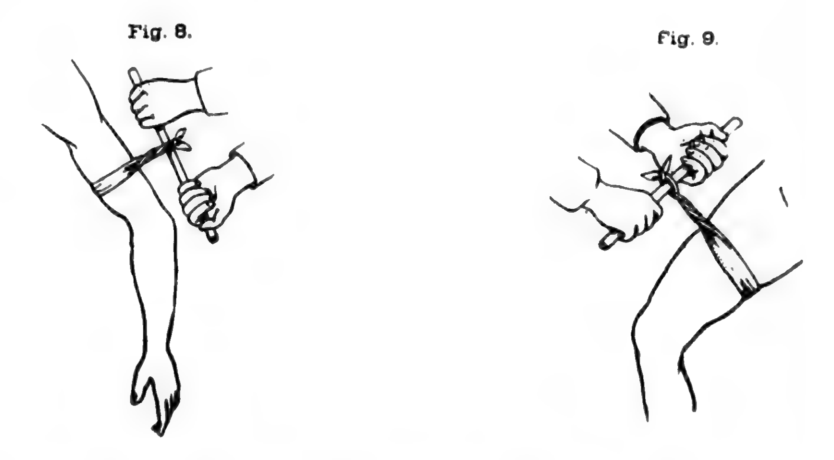
Dans le cas où le linge propre manquerait, on peut, avant

de s'en être procuré, exercer une compression sur la plaie à l'aide des doigts seulement.

Quand le sang est d'un rouge vif et sort de la plaie en jaillissant, les moyens précédents ne suffisent plus. C'est qu'alors il y a une artère rompue, il faut comprimer l'artère principale du membre en attendant le médecin.

Cette compression peut se faire avec les doigts.

On puet encore comprimer l'artère au moyen d'une bande, d'une serviette, ou d'un mouchoir, tordus avec un bâtonnet. (Fig. 8 et 9).



Mais il ne faut recourir à ce moyen que quand la compression exercée avec les doigts n'a pas donné de résultats.

Les figures 10, 11, 12, indiquent à quel endroit doit être appliquée la pression des doigts pour avoir des chances de succès.

La figure 10 répond au cas d'une hémorrhagie à la tête : On presse l'artère carotide située du même côté que la

blessure contre la colonne vertébrale.


Fig. 10

La figure 11 montre une hémorrhagie de l'avant-bras ou de la main : Presser l'artère qui se trouve à la face interne du bras sous le biceps.

La figure 12 montre une hémorrhagie de la cuisse ou de la jambe : Presser l'artère que l'on trouve à la face interne de la cuisse, un peu au-dessous du pli de l'aine, la cuisse étant légèrement élevée.


Fig. 11.

NOTA.—Quand on a réussi à arrêter une hémorrhagie par la pression des doigts, si l'on se sent fatigué, il faut appliquer un autre doigt sur le premier, afin que la compression s'exerce d'une façon continue.


Fig. 12.

Saignement de nez.

Lever brusquement le bras du côté de la narine qui saigne, le maintenir levé quelques instants. Mettre des compresse d'eau froide sur le front, introduire un morceau de ouate dans la narine, en le pressant quelques moments. Observer le repos.

INSOLATION.

Coucher le malade à l'ombre, ouvrir ses vêtements lui appliquer des compresses d'eau froide sur la tête. Faire des frictions.

INTRODUCTION ACCIDENTELLE DE CORPS ÉTRANGERS DANS LES ORIFICES NATURELS.

1o. *Dans les oreilles.*—N'enlever soi-même le corps étranger que s'il est apparent et facile à retirer. S'il est entré fort avant dans l'oreille, ne pas chercher à le retirer avec un instrument à pointe (exemples : une aiguille, un crochet à tricoter). Injecter simplement de l'huile douce et prévenir le médecin.

2o. *Dans l'œil.*—Soulever la paupière et souffler dans la direction des angles de l'œil. Lotions d'eau froide. Si le corps est apparent, le pousser avec un objet mousse, jamais avec un objet pointu.

3o. *Dans les voies digestives* (gorge).—Faire avaler des boulettes de mie de pain, administrer de l'huile et provoquer les vomissements.

LUXATIONS.

Dans le cas de luxation, il ne faut pas chercher à remettre en place le membre qui a quitté sa position naturelle. Le médecin seul est capable d'opérer la réduction. En attendant son arrivée, il faut se borner à soulager le malade ; pour cela, on le place dans la position qui lui semble la moins douloureuse, et on applique sur le membre luxé des compresses imbibées d'eau froide ou d'eau blanche.

PLAIES.

Se laver les mains dans une eau antiseptique, avant de toucher à la plaie. Ecarter tout lambeau de vêtement qui pourrait adhérer à la chair, éviter de la toucher avec les mains. Dans le cas où la plaie serait souillée de matières étrangères, la laver avec du linge bien propre et de l'eau pure filtrée et bouillie, ou avec de l'eau boriquée à 10 0/00. (Depuis quelque temps on s'est aperçu que l'eau phéniquée à 1 0/0 peut amener des résultats fâcheux et même obliger à faire l'amputation. Il faut donc l'employer avec prudence.)

Ce lavage se fait en trempant le linge dans l'eau et en faisant couler un filet de liquide en le pressant.

Il faut nettoyer la partie saine qui environne la plaie par un frottage léger, mais ne pas essayer de détacher des lambeaux de chair et surtout des caillots de sang qui résisteraient au lavage.

Il ne faut appliquer sur la plaie ni charpie, ni éponge, ni linge malpropre, ni toile d'araignée, ni emplâtre.

N'introduire aucun instrument dans la plaie. Dans le cas où un corps étranger résisterait à une légère traction, ne pas chercher à l'enlever.

On recouvrira seulement la plaie d'un linge propre imbibé de solution boriquée, sur lequel on place de la ouate, le tout étant maintenu par une bande en toile ou en mousseline.

Fractures des côtes.—On place autour de la poitrine une serviette ou une bande très large et épaisse.

Membre broyé.—Si le membre ne tient plus que par quelques filaments, se garder de le détacher.

SYNCOPE.

Coucher le malade la tête basse, lui donner de l'air, et avec la main lui jeter des gouttelettes d'eau sur le visage. Lui faire respirer de l'éther ou du vinaigre en tenant les bras élevés. Tamponner les tempes avec du vinaigre, appliquer la respiration artificielle.

Accidents causés par l'électricité.

Si le blessé est encore en contact avec un fil vivant, ne le toucher pour le dégager qu'avec des gants en caoutchouc ou autre substance isolante ; puis employer la respiration artificielle (pages v et vi).

(D'après le règlement de l'association rouennaise pour prévenir les accidents de fabrique.



VOCABULAIRE ANGLAIS-FRANÇAIS

DES TERMES TECHNIQUES.

A

Absorbing-power	Pouvoir absorbant.
Accumulator	Accumulateur.
Accumulator-plate	Plaque d'accumulateur.
Adjustable	Rappel, rechange.
Adjustable hanger	Bille de suspension.
Adjustable pipe	Compensateur de dilatation.
Air-casing	Enveloppe d'air
Air-cock	Purgeur d'air
Air-compressor	Compresseur (d'air).
Air-cushion	Coussin d'air.
Air-pump	Pompe à air.
Air-space	Espace d'air.
Air-tight	Etanche (air).
Air-valve	Valve, soupape, purgeur.
Alternate motions	Mouvements alternatifs.
Ammeter or Ampere meter	Ampère-mètre.
Anchor-bolt	Boulon d'ancrage, de fondation.
Anchor-escapement	Echappement à ancre.
Anchor-ratchet	Ancre à déclic.
Anemometer	Anémomètre.
Angle	Angle, encoignure.
Angle-iron	Cornière.
Angle of torsion	Angle de torsion.
Anneal — Annealed	Recuire, recuit.
Anti-friction wheel	Galet.
Archimedian screw	Vis d'Archimède.
Area	Aire, surface.
Arm	Bras, levier, croisillon.
Armature	Armature ou induit.
Armature-core	Noyau de l'induit.
Armature-inductor	Fil de l'induit.
Armature-reaction	Réaction de l'induit.
Artificial draught	Tirage artificiel.
Ashes	Cendres.

Ash-pan	Cendrier.
Atmospheric	Atmosphérique.
Attachment	Accessoire, auxiliaire.
Automatic coupling	Attelage auto ; embrayage ; manchon d'embrayage, etc,
Automatic friction brake.	Frein automatique.
Axis	Axe.
Axle	Essieu, arbre.
Axle-bearing	Coussinet.
Axle-box	Boîte d'essieu

B

Babbit	Métal anti-friction.
Balance wheel	Volant.
Balanced slide valve	Tiroir équilibré.
Balanced valve	Soupape équilibrée.
Balancing of pulleys	Poulie équilibrée.
Ball-bearing	Montage sur billes, palier à billes.
Ball-joint	Joint sphérique.
Band-saw	Scie à ruban sans fin.
Battery	Pile.
Beam	Poutre, balancier.
Bearer	Support
Bearing	Coussinet, palier.
Bell-crank	Manivelle coudée.
Belt	Courroie.
Belt connection	Transmission par courroie.
Belt (path of)	Trajectoire de la courroie.
Belting	Transmission par courroie.
Bending	Flexion.
Bevel	Chanfrein conique.
Bevel " protractor"	Rapporteur (odontographe conique)
Bevel-wheel	Roue d'angle.
Bevel friction wheel	Roue conique de friction.
Bilge-injection	Epuisement.
Bilge pump	Pompe d'épuisement, de cale.
Binding-wire of the armature	Frettage de l'induit.
Block	Poulie-mouffle.
Blower	Soufflerie, " souffleur."
Blow-off	Vidange de la chaudière.
Blow-off cock	Robinet de vidange.
Bobbin	Bobine.
Boiler	Chaudière.
Boiler-feeder	Alimentation.
Boiler-tube	Tube de chaudière
Boiling point	Point d'ébullition
Boiling water	Eau bouillante (ébullition).

Bolt	Boulon.
Bored guides	Glissières cylindriques,
Bore of a pump	Diamètre, calibre d'une pompe.
Box	Boîte.
Box-key	Clef à douille.
Brace	Contreventement.
Bracket	Console.
Bracket support.	Support, console.
Brake	Frein.
Brake horse power	Frein de Prony.
Brass	Laiton, cuivre jaune.
Breast-drill	Machine à percer, à " conscience."
Bridge of a boiler	Autel du foyer.
Brush	Balai.
Buckling	Boucler.
Bushes	Buttoirs " bagues."
Butt	Tête (bielle).
Butt-joint	Joint à recouvrement.
By-pass valve	Régulateur de pression.

C

Calipers—compasses	Compas d'épaisseur—Compas maî- [tre à danser
Cam	Came
Cam valve gear	Distribution par came
Cap	Chapeau, chapiteau
Cape-chisel	Ciseau à froid étroit.
Capstan	Cabestan, treuil
Car	Wagon
Carbon	Charbon, carbone
Case-hardening	Cimentation.
Casing	Chemise, enveloppe
Cast	Coulé, fondu
Catch	Loquet
Caulking	Mater, matage.
Caulking sett	Matoir
Cell	Elément galvanique.
Cement	Colle, ciment, cément
Centrifugal force	Force centrifuge
Centrifugal pump.	Pompe centrifuge
Chain	Chaîne
Chain-drum	Tambour-moteur.
Chain-pump	Pompe à chapelet.
Charcoal	Charbon de bois
Check-valve	Valve d'arrêt.
Chuck	Plateau à griffes
Cinder	Scorie, mâchefer

Clamp-drill	Machine à percer portative.
Clearance	Espace libre, jeu
Clock-valve	Clapet
Closed coil armature	Induit fermé
Clutch	Manchon d'embrayage
Coal	Charbon
Coal-trimmer	Assortisseur
Cock	Robinet
Cog-wheel	Roue avec dents en bois
Coil (electricity).	Bobine.
Coils	Serpentins (chauffage).
Cold chisel	Burin à froid (ciseau).
Collar	Collier, joug, rondelle.
Column	Colonne
Compound	Composé
Compound-wound dynamo	Dynamo composée, compound
Commutator or collector.	Commutateur ou collecteur.
Commutator-segment	Touche du commutateur.
Condenser	Condenseur
Conducting-cord	Cordon conducteur
Conducting-power	Pouvoir conducteur
Conducting-wire	Fil conducteur
Connecting rod	Bielle
Connecting rod end	Tête de bielle
Connection	Connexion, jonction, liaison
Constant current bell push	Bouton de sonnerie à courant cont.
Constant current machine	Dynamo à courant continu
Core	Noyau.
Cornish valve	Soupape de cornouaille
Cotton-waste	Bourre de coton
Counter	Compteur
Coupling	Manchon, accouplement
Cover	Couvercle, fond
Crack	Fissure, gercure. crique
Crane	Grue
Crank	Manivelle
Crank-axle	Arbre coudé
Crank-pin	Maneton, bouton de manivelle
Crank-shaft	Arbre coudé
Cross-head	Crosse de piston
Cross-head slipper	Coulisseau
Crown-bar	" Ferme" de ciel
Crown-sheet	" Ciel " boîte à feu
Current	Courant.
Current governor	Rhéostat.
Curve	Courbe
Cut-off	Détente, point d'interception
Cut-off valve	Soupape ou valve de détente
Cut-out	Commutateur
Cylinder	Cylindre

D

Damper	Registre
Dead-bolt	Boulon à tête noyée
Dead-point	Point mort
Dead-wood	Tampon de choc
Deflection	Deviation
Demagnetisation	Désaimantation
Derived circuit	Circuit dérivé
Deriving-wire	Fil de dérivation
Diagram	Diagramme
Diameter	Diamètre
Die	Poinçon (étampage)
Disc	Disque, plateau
Disc-armature	Induit à disque
Disc-crank	Plateau de manivelle
Disc-friction-wheel	Plateau de friction
Dish-valve	Valve
Discharge pipe	Tuyau de décharge, de vidange
Divided circuit	Circuit ramifié
Dog	Tour
Double-acting pump	Pompe à double effet
Drift-key	Clavette de traction
Drill	Foret, mèche
Driving-axle	Essieu moteur
Driving-wheel	Roue motrice.
Drop hammer	Marteau-pilon
Drum-armature	Induit à tambour
Dry battery	Batterie sèche
Dunkey, dunkey engine	Machine auxiliaire
Duplex-pump	Pompe jumelle

E

Earth-wire	Fil de terre
Eccentric	Excentrique
Eccentric-shaft	Arbre de l'excentrique.
Eccentric-strap	Collier d'excentrique
Eddy-current	Courant parasite
Edge-key	Clavette de serrage
Eduction-port	Orifice d'échappement
Efficiency	Rendement
Elbow	Coude
Electrical vane	Tourniquet électrique
Electro-magnet	Electro-aimant

Emitting-power	Pouvoir émissif
Endless-chain	Chaîne sans fin
Endless-screw	Vis sans fin
Engine	Machine
Engineer	Mécanicien
Equilibrium valve	Valve équilibrée
Escape-valve	Soupape d'échappement
Expansion	Dilatation.
Expansion-gear	Appareil de détente
Expansion-joint	Compensateur de dilatation
Eye	Œil

F

Factor of safety	Cœfficient de sécurité
Fan blower	Ventilateur
Feathering floats	Aubes mobiles
Feed-pump	Pompe d'alimentation
Feeding-engine	Machine d'alimentation
Ferrule	Virole
Field-magnet	Champ magnétique
Field of spread	Champ de dispersion
File	Lime
Filing	Limaille
Fillet	Congé,—raccordement
Fire-box	Boîte à feu
Fire-clay	Argile réfractaire
Fire-door	Porte du foyer
Fire-hose	Boyau à incendie
Fire-irons	Tisonniers,—ringards
Flange	Rebord,—boudin,—bride
Flap-valve	Clapet
Flat-armature	Induit lisse
Flax	" Lin ", filasse
Fly-wheel	Volant
Foot-valve	Valve de " pied "
Forced draught	Tirage forcé
Forcing pump	Pompe foulante
Forge	Forge
Fork	Fourche
Fork-journal	Tourillon encastré
Four-way cock	Robinet à quatre voies
Fox-wedge	Contre clavette
Framed beam	Balancier armé
Freezing-point	Point de congélation
Friction	Frottement
Friction-roller	Galet antifriction, rouleau de frottement
Friction-wheel	Roue de friction

Fuel	Combustible
Fulcrum	Point d'appui
Furnace	Foyer,—fourneau,—four
Fuse	Etoupille

G

Gauge	Jauge, gabarit
Gauge-cock	Robinet de jauge
Gauge-steam	Manomètre (3 classes)
Gear	Mécanisme de transmission
Gear-cutting	Taille des engrenages
Gear-teeth	Dents d'engrenage
Gear-wheel	Roue dentée
Gearing	Train de roues,—engrenage
Gearing-ratchet	Transmission à cliquet
Gib	Contre-clavette
Girder	Ferme
Gland	Presse-étoupe
Globe-valve	" Robinet à soupape ".
Glowing-lamp	Lampe à incandescence
Grate	Grille
Grate-bar	Barreau de grille
Gravity	Pesanteur
Grease-cock	Robinet graisseur
Grinding-machine	Machine à user, à roder
Guide	Glissière, guide
Guide-block	Coulisseau

H

Hammer, " water-H "	Marteau, marteau-d'eau
Hand-drill	Machine à percer
Hand-gear	Manette de marche
Hand-pump	Pompe à bras
Handle	Manche
Hanger	Tige de suspension
Hardening	Trempe
Hardness	Dureté
Hauling-system	Transport de la force
Heat	Chaleur
Heating-surface	Surface de chauffe
Hemp	Chanvre
High pressure	Haute pression
Hoist	Elevateur, — ascenseur, — monte-charge
Hosting-gear	Appareil de levage
Hole	Lumière
Hollow-journal	Tourillon creux

Hooping	Cerclage,—frettage
Horse-power	Cheval-vapeur
Hose	Boyau
Hot-well	Bache à eau chaude
Hydraulic	Hydraulique

I

Impact water wheel	Roue à réaction
Indicator	Indicateur
Indicator of a writing telegraph	Récepteur
Induced	Induit
Induction-coil	Bobine d'induction
Inductor	Inducteur
Inductor-winding	Enroulement de l'inducteur
Injection	Injection.—éjection
Inside bearing	Fusée intérieure
Inside lap	Recouvrement de l'échappement
Insulation	Isolement
Intermediate shaft	Arbre intermédiaire
Iron, cast iron	Fer,—fonte
Iron-wire	Fil de fer

J

Jacket	Chemise, enveloppe
Jam-nut	Contre-écrou
Jaw	Griffe, mâchoire
Jet-propeller	Propulseur à réaction
Jet-pump	Pompe à jet
Journal	Tourillon, fusée
Junction	Point de jonction

K

Keelson	Carlingue
Keeper	Culasse
Key	Clavette,—clef
Key-draft	Tirage de la clavette
Key-level	Levier des touches

L

Ladder	Echelle
Lag	Retard de phase
Lagging	Revêtement, enveloppe

Lap-joints, riveted	Joints à recouvrement, rivés
" Lap " of slide-valve	Recouvrement du tiroir
Latent heat	Chaleur latente
Lathe	Tour
Lead pipe	Tuyau de plomb
Lead of slide-valve	Avance du tiroir
Lead of the crank	Avance de la manivelle
Leaf-valve	Soupape à clapet
Leak,—leakage	Fuite, infiltration
Length of stroke	Longueur de la course
Level	Niveau
Level-switch	Commutateur à manivelle
Lever	Levier
Lever arm	Bras de levier
Light	Lumière
Lighting-conductor	Paratonnerre
Limb	Limbe gradué
Lime	Chaux
Line shafting	Arbre de transmission
Lining	Incrustation
Link	Coulisse
Link-motion	Coulisse de distribution, méca-
Load	Charge [nisme de renversement
Load breaking	Charge de rupture
Loadstone	Minerai de fer magnétique
Lock	Enclanchement,—serrure
Loose-pulley	Poulie folle
Lubricator	Godet à huile,—graisseur

M

Machine-tool	Machine-outil
Machinery	Mécanisme.
Magnetic field	Champ magnétique
Magnetic iron-ore	Minerai de fer magnétique
Magnetic pull	Effort magnétique
Magnetisation	Aimantation
Man hole	Trou d'homme, regard
Mandril	Mandrin
Measuring-staff	Règle divisée
Melting-fusion	Point de fusion
Metallic packing	Garniture métallique
Mill	Moulin
Milling-lathe	Tour à fraiser
Mixture	Mélange
Modulus	Module
Moment of inertia	Moment d'inertie
Mortise	Mortaise

Motion	Mouvement
Motor-car	Voiture automobile
Moulding	Moulure
Mouth-piece	Embouchure
Moving water	Eau motrice
Mud	Torchis, vase
Mud-hole	Trou de vidanges

N

Nail	Clou
Naphta-motor	Moteur à pétrole
Nave of a wheel	Moyeu d'une roue
Neck	Tubulure
Needle	Aiguille aimantée
Neutral axis	Axe neutre, fibre neutre
Nippers	Petites cisailles
Node	Nœud
Non-expansive engine	Machine sans détente
Notch	Encoche, " cran ", entaille
Nozzle of a cyl.	*Tuyère* d'échappement, lance
Nut	crou
Nut-lock	Arrête-écrou

O

Office-wire	Fil de poste
Oil	Huile
Oil-cup	Godet à huile,—graisseur
Oil-tank	Réservoir à huile, citerne
Oiler	Graisseur
Oiling-devil	Brisoir à huiler
Open belt	Courroie ouverte
Open coil armature	Induit ouvert
Oscillating	Oscillant
Oscillating fly-wheel	Volant
Outside bearing	Fusée extérieure
Outside lap	Recouvrement de l'admission
Overhung	En porte-à-faux
Overhung-journal	Tourillon en porte-à-faux
Overshot wheel	Roue par-dessus

P

Packing	Garniture
Paddle-bocket	Aube
Paddle-box	Tambour des roues
Paddle-wheel	Roue à aubes

Parallele motion	Parallélogramme de Watt
Patent	Brevet
Pawl	Pied-de-biche,—cliquet
Pawl-spring	Ressort de cliquet
Peat	Tourbe
Pet-cock	Robinet d'essai,—purgeur
Pillow-block	Palier
Pin	Boulon
Pincers	Tenailles
Pipe	Tuyau
Piston	Piston
Piston-rod	Tige du piston
Pitch (riveting)	Distance des rivets d'axe en axe
Pitch of a screw	Pas d'une hélice, d'une vis
Pitch of a wheel	Pas de l'engrenage
(Plain) Plane	Varlope
Planer	Machine à raboter
Planer-chuck	Porte-pièce pour mach. à raboter
Plank	Madrier
Plate	Plaque (tole), paroi de chaudière
Plate-commutator	Commutateur à disque
Pliers	Pinces
Plug	Tampon, obturateur
Plummer black	Palier
Plunger-piston	Piston plongeur
Poker	Tisonnier
Polarity	Polarité
Pole-changer	Commutateur de pôles
Pole-piece	Pièce polaire
Pop valve	Soupape de sureté
Port	Lumière (2 classes)
Power	Puissance, force
Press	Presse
Pressure	Pression
Priming	Projection d'eau (entrainement)
Priming-valve	Valve de séparateur
Proof-charge	Charge d'épreuve
Propeller	Propulseur
Propulsion	Propulsion
Pulley	Poulie
Pump	Pompe
Punch	Poinçon
Putting in circuit	Mise dans le circuit
Putting out of circuit	Mise hors circuit

R

Rack & pinion	Crémaillère & pignon
Radiation	Rayonnemeut
Radius	Rayon
Radius-rod	Bielle de suspension

Rag-engine	Pile à cylindre
Rail-chair	Coussinet pour rail
Rail-foot	Patin de rail
Rail-head	Champignon de rail
Railing	Balustrade
Rasp	Râpe
Ratchet	Rochet, pied-de-biche
Ratchet-drill	Levier à déclic
Ratchet-wheel	Roue à déclic
Reaction-wheel	Roue à réaction
Reamer	Alésoir, élargisseur
Receiver (compound mach)	Réservoir " intermédiaire "
Reciprocating	Alternatif
Reducing-valve	Détendeur
Release	Echappement anticipé
Repeater	Appareil de translation
Resistance-box	Boîte de résistance
Restriction	Redressement du profil normal
Return	Rendement
Return-crank	Contre-manivelle
Return-wire	Fil de retour
Rheostat	Rheostat
Rheotrope	Inverseur
Rib	Nervure
Ribbed axle	Arbre à nervures [grenage
Rim of gear-wheel	Jante et denture d'une roue d'en-
Ring	Anneau
Ring-armature	Induit à anneau
Ring-winding	Enroulement en anneau
Rivet	Rivet
Riveting	Rivetage,—rivure
Rock-drill	Perforateur
Rocker (coulisse)	Balancier de renvoi
Rocker-arm	Bras de balancier
Rod	Tringle, tige, bielle, tirant
Rolled	Laminé
Roller	Galet, rouleau
Rope	Cable
Rotary-engine	Machine rotative
Rotary-pump	Pompe rotative
Round valve	Soupape à boulet
Rough-steel	Acier brut
Rubber-India	Caoutchouc
Running chain	Chaine patente
Rupture, (modulus of)	Module de rupture

S

Safety	Sécurité
Safety-catch	Parachute
Safety-factor	Facteur de sûreté, sécurité.

Safety-fuse	Mèche de sureté
Safety-plug	Bouchon (en alliage) fusible
Safety-valve	Soupape de sûreté
Salinometer	Salinomètre, pèse-sel
Saturated steam	Vapeur saturée
Saw	Scie
Scale	Echelle, balance, bascule
Scales	Incrustations, " tartre "
Scarying	Feuillure
Screw	Hélice, vis, filet de vis
Screw-bolt	Boulon taraudé
Screw-cutting die	Coussinet
Screw-driver	Tourne-vis
Screw-jack	Vérin à vis
Screw-plate	Filière simple, (à truelle)
Screw-propeller	Hélice de propulsion
Screw-shaft	Arbre de l'hélice
Screw-tap	" taraud "
Seat of a valve	Siège d'une valve
Self-exciter	Auto-excitateur
Sensible heat	Chaleur sensible
Serie-wound dynamo	Dynamo excitée en série
Series of electrical tension	Serie de tension électrique
Shaft	Arbre
Shafting	Arbre de transmission
Shaper, shaping-machine	Etau-limeur
Shearing strain	Effort tranchant, cisaillement
Shears	Cisailles
Sheer	Grue à mâter
Sheet-iron	Tôle, tôle de fer
Shovel	Pelle
Shunt-switch	"aiguillage," engrenage
Shunt-wire	Fil de dérivation
Shunt-wound dynamo	Dynamo excitée en dérivation
Side-lever	Balancier
Sieve	Tamis
Sight feed lubricator	Graisseur à goutte visible
Single acting steam engine	Machine à vapeur à simple effet
Slide-bar	Glissière
Slide-block	
Slide-casing	Boîte à tiroir
Slide-rest	Porte outil (tour)
Slide-rod	Tige du tiroir
Slide-valve	Tiroir de distribution
Slide-valve balanced	Tiroir équilibré
Sliding-contact	Commutateur à glissement
Slince-valve	" Vanne de trop plein "
Slip of a screw	Recul de l'hélice
Slit-pin	Goupille fendue

Smoke-box	Boîte à fumée
Smoke-burning	Fumivorité
Smoke-consumer	Fumivore
Snips	Petites cisailles
Solder	Soudure
Sole-plate	Plaque de fondation
Spanner	Clef en S, clef à boulon
Spare-gear	Pièce de réchange
Speed	Vitesse
Speed indicator	Compteur de tours Indicateur de vitesse
Spindle	Axe, pivot, broche, fuseau
Splice for rope	" Epissure " enture.
Spring	Ressort
Spring-commutator	Commutateur à ressort
Spur-wheel	Roue à engrenage parallèle, roue [dentée droite
Square	Equerre
Stand-pipe	Colonne d'eau (accumulateur)
Starting-gear	Dispositif de mise en train
Stating-valve	Tiroir de démarrage
Stays-" stay-bolts "	Entretoises
Steam	Vapeur
Steam-chest	Boîte à vapeur
Steam-gauge	Manomètre (3 classes)
Steam-governor	Régulateur de vitesse, pression
Steam-jacket	Enveloppe de vapeur
Steam-port	Lumière d'admission
Steam-room	Réservoir de vapeur
Steel	Acier
Steering-gear	Gouvernail
Step	Gradin, marche
Step-block	Crapaudine
Stiffness	Raideur, rigidité
Stop-valve	Soupape d'arrêt
Storage-battery	Accumulateur
Strap	Courroie, étrier (bielle)
Straight magnet	Barreau aimanté
Strength	Résistance, force
Strengh of field	Intensité du champ
Stroke or revolution counter	Compteur de tours de course
Stroke of piston	Course du piston
Stud-bolt	Boulon, goujon
Stuffing-box	Presse-étoupe
Suction-pipe	Tuyau d'aspiration
Suction-valve	Valve d'aspiration
Super-heated steam	Vapeur surchauffée
Superheating	Surchauffe
Surface condenser	Condenseur à surface
Switch	Aiguille (ch de fer), commutateur
Switch-board	Tableau de distribution

T

Table	Plateforme
Tachometer	Tachymètre
Tachymeter	Tachéomètre
Tail-rope	Chaîne sans fin
Tank	Reservoir, citerne
Tap	Taraud
Tap-wrench	Tourne-à-gauche
Tempering	Trempe
Templet	Gabarit, patron
Tensile-strength	Résistance à l'extension, force ten- [sile
Test-load	Charge d'épreuve
Test-pressure	Pression d'épreuve
Thermo-electrical battery	Pile thermo-électrique
Thread of a screw	Filet d'une vis
Three-port slide-valve	Tiroir à coquille
Three-way cock	Robinet à trois voies
Throttle-valve	Registre de vapeur, valve d'étran- [glement
Travel of valve	Course d'un tiroir
Tightness	Etanchéité
Tire-bender	Machine *à cintrer* les bandages
Tongs	Tenailles ; pinces
Tools, machine-tool	Outils, machine-outil
Toothed-armature	Induit denté
Transmitting-current	Courant de transmission
Trunnion	Tourillon
Tube	Tube, tuyau
Tube expander	Dudgeon, valseuse
Tube-plug	Obturateur, bouchon
Tubular boiler	Chaudière tubulaire
Tug	Remorqueur à hélice
Tumbler-switch	Commutateur à bascule
Turbine	Turbine
Turner sizer	Compas de diamètre
Twist-drill	Foret " américain "
Two-way cock	Robinet à deux eaux, à deux voies

U

Ultimate strengh	Résistance à la rupture
Undergrate-blast	Courant d'air froid sous la grille
Undershoot-wheel	Roue par-dessous
Universal-joint	Joint universel
Upstream	Amont

V

Vacuum	Vide
Vacuum-gauge	Indicateur du vide
Vacuum-pump	Machine pneumatique
Valve	Soupape
Valve-casing (slide)	Boite du tiroir
Valve-face (slide)	Barrette d'un tiroir
Valve-gear (slide)	Distribution par tiroir
Volt-meter	Voltamètre
Voltaïc arc lamp	Lampe à arc

W

Wagon-top boiler	Chaudière à *tombeau*
Warming	Réchauffement
Washer	Rondelle
Waste-water	Eau de condensation
Water-crane	Grue hydraulique
Water-gauge	Indicateur de niveau de l'eau
Water-level	Niveau d'eau
Water-meter	Compteur à eau
Water-motor	Moteur hydraulique
Water-wheel	Roue hydraulique
Welding-heat	Chaleur soudante
Wheel	Roue
Whinch	Cabestan, treuil à bras
White-head	Incandescence
Windlass	Cabestan, treuil
Wind-motor	Moteur à vent
Wire	Fil métallique
Wire-drawn steam	Vapeur laminée
Wire-gauge	Jauge pour tôles, filets, etc.
Wire-rope	Cable en fil de fer ou d'acier Cable métallique
Worm	Serpentin
Worm-wheel	Vis sans fin. Roue à denture hélicoïdale
Wrench	Clef anglaise, tourne-à-gauche
Writing-telegraph	Morse écrivant
Wrought-iron	Fer forgé

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES.



TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

A

B

C

D

E

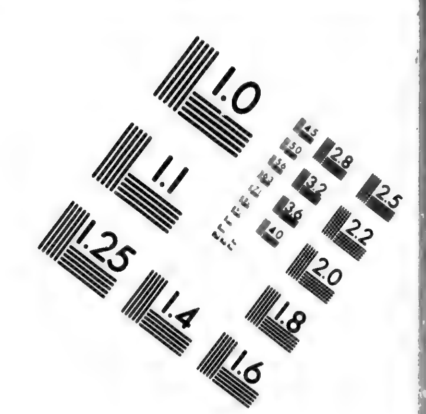
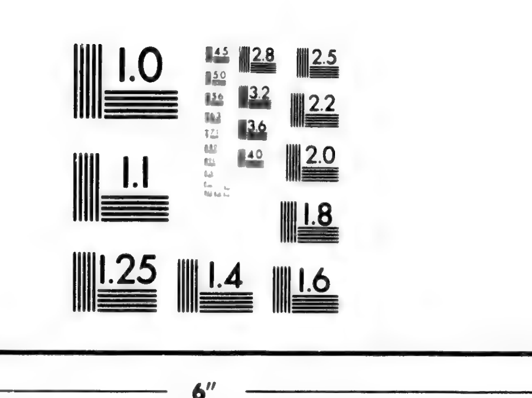
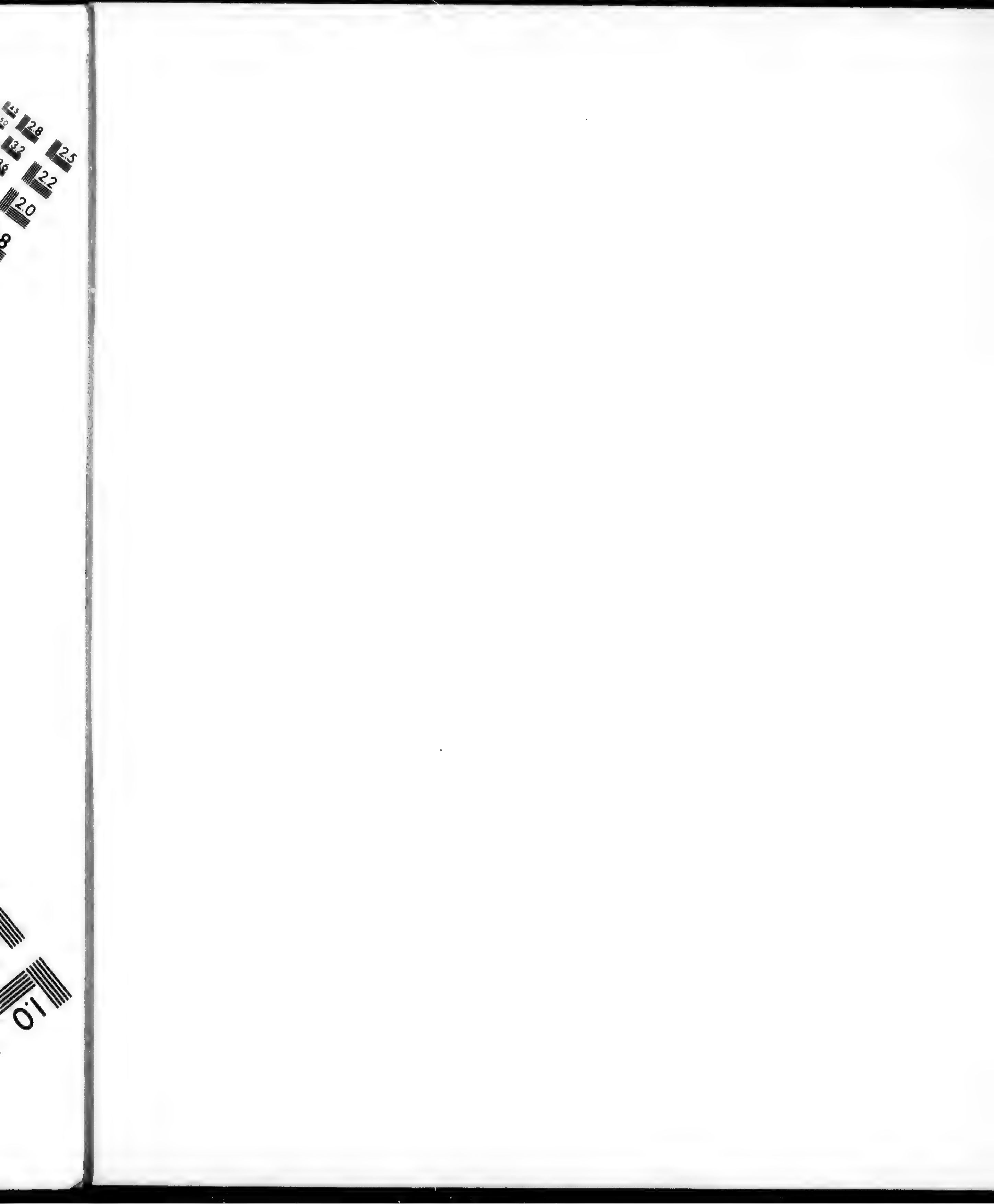


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)





M

N

O

P

